



**Biología y pesca del voraz
[*Pagellus bogaraveo* (Brünnich, 1768)]
en el Estrecho de Gibraltar**

Juan Gil Herrera



FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR Y AMBIENTALES

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

TESIS DOCTORAL

**Biología y pesca del voraz [*Pagellus bogaraveo* (Brünnich, 1768)]
en el Estrecho de Gibraltar**

**Memoria presentada por el
Licenciado en Ciencias Biológicas
Juan Gil Herrera para optar al
grado de Doctor en Ciencias del
Mar por la Universidad de Cádiz.**

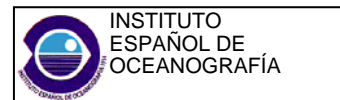
Cádiz, Octubre de 2006

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'JGH', is placed below the date.

Fdo.: Juan Gil Herrera



MINISTERIO DE
EDUCACIÓN Y CIENCIA



Unidad de Cádiz
Edif. Instituto de Investigación
CACYTMAR
C/República Saharaui, s/n
Campus Río San Pedro
11510 Puerto Real (Cádiz)

D. IGNACIO SOBRINO YRAOLA, Responsable Científico de la Unidad de Cádiz del
Instituto Español de Oceanografía (IEO),

HACE CONSTAR:

Que el trabajo recogido en a presente memoria de Tesis Doctoral, titulada: **“Biología y pesca del voraz [*Pagellus bogaraveo* (Brünnich, 1768)] en el Estrecho de Gibraltar”**, presentado por Juan Gil Herrera, ha sido realizado bajo mi dirección. Considerando que constituye trabajo de Tesis y que reúne todos los requisitos legales, autorizo su presentación y defensa para optar al grado de Doctor en Ciencias del Mar por la Universidad de Cádiz.

Cádiz, Octubre de 2006

Fdo.: Dr. D. Ignacio Sobrino Yraola

El presente trabajo ha sido financiado por el Instituto Español de Oceanografía, así como por Red Eléctrica Española y la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, cofinanciadoras de los Proyectos de Investigación: «Estudio biológico de la pesquería del voraz (*Pagellus bogaraveo*) en el Estrecho de Gibraltar: Incidencia sobre la misma del cable de interconexión entre España-Marruecos» y «Estudios y seguimiento de la pesquería de voraz (*Pagellus bogaraveo*) que se desarrolla en aguas del Estrecho de Gibraltar», de los cuales se han obtenido los datos empleados en esta Tesis Doctoral.

Agradecimientos	i
Antes de empezar y a modo de Prólogo	iv
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Área de estudio	1
1.1.1 Situación geográfica y topografía	1
1.1.2 Meteorología	3
1.1.3 Hidrodinámica: Sistema de corrientes	5
1.2 La especie	9
1.2.1 Denominaciones	10
1.2.2 Posición taxonómica	12
1.2.3 Descripción morfológica y área de distribución	14
1.3 Su pesca y comercialización	17
1.3.1 Caladeros, arte y descripción de la faena de pesca	18
1.3.2 Comercialización: Categorías comerciales	21
1.4. Contexto local y Europeo. Grupo de Trabajo de pesquerías de Profundidad (ICES WGDEEP). Regulación Española y Comunitaria	23
1.4.1 El Grupo de Trabajo ICES sobre pesquerías de profundidad (ICES WGDEEP)	23
1.4.2 Reglamentación pesquera del voraz del Estrecho de Gibraltar y de las pesquerías de profundidad europeas	29
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS PLANTEADA	35
3. LA PESQUERÍA	
3.1 Introducción	39
3.2 Material y Métodos	42
3.2.1 Tarifa	42
3.2.2 Algeciras	46
3.2.3 Ceuta	48
3.3 Resultados y Discusión	49
3.3.1 La flota	49
3.3.2 Las capturas: Categorías comerciales de los desembarcos	53
3.3.3 El esfuerzo pesquero. Estimación de un primer índice de abundancia: Captura Por Unidad de Esfuerzo (CPUE)	64
3.3.4 Composición de tallas de la captura	72
3.4 Conclusiones	82

4. BIOLOGÍA	
4.1 Introducción	85
4.2 Material y Métodos	87
4.2.1 Reproducción	89
4.2.2 Histología del ovario. Fecundidad	91
4.2.3 Crecimiento	93
4.2.4 Migraciones	97
4.2.5 Mortalidad total y natural	99
4.3 Resultados y Discusión	102
4.3.1 Reproducción	102
4.3.2 Histología del ovario. Fecundidad	119
4.3.3 Crecimiento	130
4.3.4 Migraciones	146
4.3.5 Mortalidad total y natural	152
4.4 Conclusiones	157
 5. EVALUACIÓN DEL RECURSO	
5.1 Introducción	161
5.2 Material y Métodos	
5.2.1 Matriz de capturas	176
5.2.2 Evaluación del recurso	176
5.2.3 Proyecciones de captura	178
5.2.4 Puntos de referencia	182
5.3 Resultados y Discusión	
5.3.1 Matriz de capturas	184
5.3.2 Evaluación del recurso	189
5.3.3 Proyecciones de captura	201
5.3.4 Puntos de referencia	209
5.4 Conclusiones	217
 6. CONCLUSIONES Y TESIS	221
 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	225

8. ANEXOS

I Galería fotográfica

II Ficheros de entrada requeridos para rodar el Análisis de Población Virtual con el paquete informático del Lñaboratorio de Lowestoft
Estudio de Alimentación (*Virtual Population Analysis*: version 3.1)

III Residuos del APV Separable

IV. Recetario

AGRADECIMIENTOS

*Para todos, niños y grandes,
presentes y ausentes.*

A la hora de reproducir estas páginas sobre la biología y pesca del voraz en el Estrecho de Gibraltar, he tenido continuamente a mano la ayuda de tantas personas, que es imposible dejar constancia de cuantos me han dedicado parte de su tiempo y mucho de su ánimo. Pero no me gustaría que faltaran algunos agradecimientos más que merecidos. Creo que la palabra gracias ocupa poco, contiene mucho y, por más que se repita, no se gasta.

De entre tantos, quiero empezar por aquellos que han colaborado más estrechamente en la elaboración de la presente Memoria. Especial significancia estadística cobran dos nombres, Ignacio Sobrino y M^a. Paz Jiménez. El uno, más que director de Tesis, un maestro y un colega. La otra, socia, cómplice y compañera de «*penurias*». Sin su confianza, dedicación, orientación y oportunos comentarios, la ilusión con la que comencé este trabajo se hubiera convertido en una perpetua condena. Por eso, a ambos también les debo las ganas que me faltaban y los últimos achuchones. Gracias, de corazón.

Gracias también a Fernando González, sin quien el siempre complicado capítulo de evaluación sería difícilmente...evaluable. Por ello, le considero coautor del mismo. Además, Valentín Trujillo y Pablo Abaunza siempre estuvieron ahí para asesorarnos en la interpretación de los resultados obtenidos en dicho capítulo. Lo mismo que Miguel Bernal, que es capaz de traducir «mis cuentas de la vieja» a un lenguaje estadístico más formal. El desinteresado regalo de las láminas que aparecen en este documento, son sólo un esbozo del arte que amontonan Rafaela Gallardo y Carmen B. de los Santos. La autoría, con sus acordes, de los mapas es obra de José Miguel Serna, mientras que las fotos son cortesía de: Cristina García, Miguel Bruno, Carlos Farias y Jesús Canoura. Este último, al mismo tiempo, seguramente ha cargado con más faenas de las que le correspondían, para que así se pudiera completar este trabajo.

A la hora de la elaboración definitiva del texto, contar con Zeneida Romero ha sido todo un placer inesperado. A ella debo la labor de revisión, corrección de múltiples disparates ortográficos y la puntuación del documento. M^a. Ángeles Gamaza ha sido de gran ayuda en la revisión del apartado de referencias bibliográficas. Afortunadamente, Eva M^a. Velasco acudió a socorrerme cuando comenzaba a hundirme con la maquetación definitiva. Rápidamente, consiguió transformar en blanco lo que yo veía negro: Y aquí queda el resultado, negro sobre blanco. En respuesta a la

A la hora de reproducir estas páginas sobre la biología y pesca del voraz en el Estrecho de Gibraltar, he tenido continuamente a mano la ayuda de tantas personas, que es imposible dejar constancia de cuantos me han dedicado parte de su tiempo y mucho de su ánimo. Pero no me gustaría que faltaran algunos agradecimientos más que merecidos. Creo que la palabra gracias ocupa poco, contiene mucho y, por más que se repita, no se gasta.

De entre tantos, quiero empezar por aquellos que han colaborado más estrechamente en la elaboración de la presente Memoria. Especial significancia estadística cobran dos nombres, Ignacio Sobrino y M^a. Paz Jiménez. El uno, más que director de Tesis, un maestro y un colega. La otra, socia, cómplice y compañera de «*penurias*». Sin su confianza, dedicación, orientación y oportunos comentarios, la ilusión con la que comencé este trabajo se hubiera convertido en una perpetua condena. Por eso, a ambos también les debo las ganas que me faltaban y los últimos achuchones. Gracias, de corazón.

Gracias también a Fernando González, sin quien el siempre complicado capítulo de evaluación sería difícilmente...evaluable. Por ello, le considero coautor del mismo. Además, Valentín Trujillo y Pablo Abaunza siempre estuvieron ahí para asesorarnos en la interpretación de los resultados obtenidos en dicho capítulo. Lo mismo que Miguel Bernal, que es capaz de traducir «mis cuentas de la vieja» a un lenguaje estadístico más formal. El desinteresado regalo de las láminas que aparecen en este documento, son sólo un esbozo del arte que amontonan Rafaela Gallardo y Carmen B. de los Santos. La autoría, con sus acordes, de los mapas es obra de José Miguel Serna, mientras que las fotos son cortesía de: Cristina García, Miguel Bruno, Carlos Farias y Jesús Canoura. Este último, al mismo tiempo, seguramente ha cargado con más faenas de las que le correspondían, para que así se pudiera completar este trabajo.

A la hora de la elaboración definitiva del texto, contar con Zeneida Romero ha sido todo un placer inesperado. A ella debo la labor de revisión, corrección de múltiples disparates ortográficos y la puntuación del documento. M^a. Ángeles Gamaza ha sido de gran ayuda en la revisión del apartado de referencias bibliográficas. Afortunadamente, Eva M^a. Velasco acudió a socorrerme cuando comenzaba a hundirme con la maquetación definitiva. Rápidamente, consiguió transformar en blanco lo que yo veía negro: Y aquí queda el resultado, negro sobre blanco. En respuesta a la

urgencia del penúltimo día, Clara González creó, de la noche a la mañana, el alegre diseño de la portada. Es también de agradecer el apoyo informático de J. Javier Rodríguez y la inmejorable impresión de Inmaculada Barbosa, siempre tan atenta que, diariamente, nos hace las cosas más sencillas. Contar con la impagable asistencia de Pilar Calero, Antonio Medina y José Antonio Hernando ha sido indispensable para abordar el difícil mundo del papeleo administrativo. Gracias.

Gracias, más que merecidas, al resto de compañeros del IEO de Cádiz. De una u otra forma han colaborado en el desarrollo de este proyecto, dedicándole parte de su valioso tiempo. Paso a mencionar, por riguroso orden alfabético, a quienes no han aparecido hasta ahora: Juan J. Acosta, Candelaria Burgos, Eva M^a. García, Ester Herrera, Milagros Millán, Isabel Muñoz, Fernando Ramos, Luis Silva, M^a. del Mar Soriano, Ana M^a. Juárez, Jorge Tornero y Yolanda Vila, no por ir la última menos importante. Últimamente, con el primero y la última he compartido almuerzos de perros y tardes de gatos, cada uno en busca de su sueño. En este grupo gaditano también me gustaría incluir a Pepe Osuna y Carmelo Pacheco, a los que considero arte y parte de la unidad de Cádiz. Ojalá discurramos todos juntos el largo camino que nos queda por delante.

Del, entre otras causas, geográficamente muy cercano IEO de Málaga quiero acordarme, también alfabéticamente, de aquellos que todavía no he presentado como Jorge Baro, Ángel Carpena, Víctor Díaz del Río, Teresa García, Lourdes Fernández, María González, Carmen Presas, Javier Rey y Martita Sebastián, no por ir la última... Tampoco quiero olvidarme de Charo Aguilar, porque siempre es un gusto llamar a Málaga. Como todos los anteriores, me han acompañado y animado en los buenos ratos en mar o tierra, que son los que tardan más en olvidarse. Gracias.

Desde el año 2000, asisto al ICES WGDEEP con el voraz debajo del brazo. Mi terrible inglés ha puesto a prueba la paciencia de los «bárbaros» del grupo en demasiadas ocasiones. Lo peor es que también someto a permanente tortura castellana a la delegación nacional compuesta por el inolvidable Paulino Lucio, y más recientemente Pablo Durán y Guzmán Díez. En esta ocasión, como no hay que pronunciarlo, *thanks*.

El voraz tiene un distintivo de calidad de la Junta de Andalucía, así que otro tanto merece la buena gente que lo rodea. Entre tantos, me gustaría destacar a Manuel Peinado, M^a. Teresa Alonso, Jorge Campos, Nicolás Fernández y Ángela Fernández de las Cofradías de pescadores de Tarifa, Algeciras y Conil. Gracias

también a los muestreadores de las Lonjas de Algeciras y Tarifa: M^a. Luisa Sánchez y Juan José Rodríguez. Y, como no, a los patrones y tripulaciones de las embarcaciones que tan a gusto nos reciben, con una mención especial para Fernando Muñoz, Manuel Ligeró y J. Alonso Gallardo. Con muchos hemos compartido madrugones en la mar y tardes en el grifo. Sin su generosa aportación y enseñanzas, este trabajo no es que hubiera sido difícil, sencillamente es que no habría podido ser.

El distintivo de calidad del IEO es su personal, del último al primero. Gracias a ello, en el transcurso de estos años, los buenos tragos prevalecen sobre los malos. Nunca me ha faltado el apoyo y ánimo de muchos compañeros y, sin embargo, amigos, de los que tanto he aprendido y espero seguir aprendiendo.

Entre todos conseguís que me sienta como en casa, aunque este lejos de la mía. De todas maneras, no puedo ni quiero olvidarme de mi familia, de los que viven y de los que nos dejaron, alguno demasiado pronto. Les debo todo lo que soy. Con ellos nada es imposible. Son lo mejor que tengo. Capítulo especial merece mi madre, si no una Tesis entera. En ningún momento ha tratado de poner el punto final a la odisea marina que inicié allá por 1991. Todo lo contrario, desde tierra adentro, sigue aguantando mis penas y disfrutando con mis alegrías.

Para terminar, espero que la gente que no aparece, pero que tanto me aporta y a la vez me soporta, sepa encontrarse leyendo entre líneas. Todos formáis parte de este trabajo, y también, de mi vida.

Por todo lo anterior, considero esta Tesis fruto del esfuerzo de mucha gente y creación de más de un autor, a pesar de que sólo yo la firme. Será por eso que las frases que dan forma a este trabajo son, demasiado a menudo, tan largas. De esto último, la culpa es sólo mía, que no soy lo que se dice un hacha en las faenas de escribir. Así, que para los que pasen de estas primeras líneas, un consejo: Ánimo, tomar aire y gracias por intentarlo. Por y para todos...el voraz. Y, para terminar, como dice aquel: Gracias por venir. A lo que añadido...y, sobre todo, por estar.

urgencia del penúltimo día, Clara González creó, de la noche a la mañana, el alegre diseño de la portada. Es también de agradecer el apoyo informático de J. Javier Rodríguez y la inmejorable impresión de Inmaculada Barbosa, siempre tan atenta que, diariamente, nos hace las cosas más sencillas. Contar con la impagable asistencia de Pilar Calero, Antonio Medina y José Antonio Hernando ha sido indispensable para abordar el difícil mundo del papeleo administrativo. Gracias.

Gracias, más que merecidas, al resto de compañeros del IEO de Cádiz. De una u otra forma han colaborado en el desarrollo de este proyecto, dedicándole parte de su valioso tiempo. Paso a mencionar, por riguroso orden alfabético, a quienes no han aparecido hasta ahora: Juan J. Acosta, Candelaria Burgos, Eva M^a. García, Ester Herrera, Milagros Millán, Isabel Muñoz, Fernando Ramos, Luis Silva, M^a. del Mar Soriano, Ana M^a. Suárez, Jorge Tornero y Yolanda Vila, no por ir la última menos importante. Últimamente, con el primero y la última he compartido almuerzos de perros y tardes de gatos, cada uno en busca de su sueño. En este grupo gaditano también me gustaría incluir a Pepe Osuna y Carmelo Pacheco, a los que considero arte y parte de la unidad de Cádiz. Ojalá discurramos todos juntos el largo camino que nos queda por delante.

Del, entre otras causas, geográficamente muy cercano IEO de Málaga quiero acordarme, también alfabéticamente, de aquellos que todavía no he presentado como Jorge Baro, Ángel Carpena, Víctor Díaz del Río, Teresa García, Lourdes Fernández, María González, Carmen Presas, Javier Rey y Martita Sebastián, no por ir la última... Tampoco quiero olvidarme de Charo Aguilar, porque siempre es un gusto llamar a Málaga. Como todos los anteriores, me han acompañado y animado en los buenos ratos en mar o tierra, que son los que tardan más en olvidarse. Gracias.

Desde el año 2000, asisto al ICES WGDEEP con el voraz debajo del brazo. Mi terrible inglés ha puesto a prueba la paciencia de los «bárbaros» del grupo en demasiadas ocasiones. Lo peor es que también someto a permanente tortura castellana a la delegación nacional compuesta por el inolvidable Paulino Lucio, y más recientemente Pablo Durán y Guzmán Díez. En esta ocasión, como no hay que pronunciarlo, *thanks*.

El voraz tiene un distintivo de calidad de la Junta de Andalucía, así que otro tanto merece la buena gente que lo rodea. Entre tantos, me gustaría destacar a Manuel Peinado, M^a. Teresa Alonso, Jorge Campos, Nicolás Fernández y Ángela Fernández de las Cofradías de pescadores de Tarifa, Algeciras y Conil. Gracias

también a los muestreadores de las Lonjas de Algeciras y Tarifa: M^a. Luisa Sánchez y Juan José Rodríguez. Y, como no, a los patrones y tripulaciones de las embarcaciones que tan a gusto nos reciben, con una mención especial para Fernando Muñoz, Manuel Ligeró y J. Alonso Gallardo. Con muchos hemos compartido madrugones en la mar y tardes en el grifo. Sin su generosa aportación y enseñanzas, este trabajo no es que hubiera sido difícil, sencillamente es que no habría podido ser.

El distintivo de calidad del IEO es su personal, del último al primero. Gracias a ello, en el transcurso de estos años, los buenos tragos prevalecen sobre los malos. Nunca me ha faltado el apoyo y ánimo de muchos compañeros y, sin embargo, amigos, de los que tanto he aprendido y espero seguir aprendiendo.

Entre todos conseguís que me sienta como en casa, aunque este lejos de la mía. De todas maneras, no puedo ni quiero olvidarme de mi familia, de los que viven y de los que nos dejaron, alguno demasiado pronto. Les debo todo lo que soy. Con ellos nada es imposible. Son lo mejor que tengo. Capítulo especial merece mi madre, si no una Tesis entera. En ningún momento ha tratado de poner el punto final a la odisea marina que inicié allá por 1991. Todo lo contrario, desde tierra adentro, sigue aguantando mis penas y disfrutando con mis alegrías.

Para terminar, espero que la gente que no aparece, pero que tanto me aporta y a la vez me soporta, sepa encontrarse leyendo entre líneas. Todos formáis parte de este trabajo, y también, de mi vida.

Por todo lo anterior, considero esta Tesis fruto del esfuerzo de mucha gente y creación de más de un autor, a pesar de que sólo yo la firme. Será por eso que las frases que dan forma a este trabajo son, demasiado a menudo, tan largas. De esto último, la culpa es sólo mía, que no soy lo que se dice un hacha en las faenas de escribir. Así, que para los que pasen de estas primeras líneas, un consejo: Ánimo, tomar aire y gracias por intentarlo. Por y para todos...el voraz. Y, para terminar, como dice aquel: Gracias por venir. A lo que añadido...y, sobre todo, por estar.

ANTES DE EMPEZAR Y A MODO DE PRÓLOGO

*La Virgen de la Luz, patrona de Tarifa,
guarde a quienes trabajan por y para el voraz.*

La Tierra es el único planeta del sistema solar que puede sustentar vida humana. Ningún otro planeta tiene océanos de agua, una atmósfera rica en oxígeno, y vida inteligente. El predominio de estas masas de agua (71% frente al 29% de las masas continentales) queda patente observándose en el espacio una esfera azul y blanca reconocida como planeta azul. Cabe destacar la importancia de este gran volumen acuático como sistema de control de cambios atmosféricos y climáticos, además de constituir una fuente explotable de recursos. Por ejemplo uno de éstos, los pescados, es hoy en día una importante fuente de alimentación, constituyendo el 16% del consumo de proteína animal, además de representar, directa o indirectamente, el sustento económico de buena parte de la población mundial.

La salud humana se ve beneficiada gracias al alto valor nutritivo y bajo contenido en hidratos de carbono, además del aporte vitamínico, de iodo y calcio que ofrece el pescado en sus múltiples variedades gastronómicas. El enorme arraigo que tiene en nuestro país el consumo de especies marinas, puede explicarse por su gran superficie litoral, su tradición pesquera, la variedad y calidad de sus productos, la afianzada red de distribución que abarca todo el territorio nacional amén de la costumbre alimenticia, vigilia, establecida por la Iglesia Católica.

El sector pesquero español representa cerca del 2% del Producto Nacional Bruto, bastante por encima del 0,14% del resto de la Comunidad Económica Europea.

A pesar de este pequeño porcentaje, la actividad pesquera goza de un alto interés social debido a sus efectos derivados (Industria de transformación, construcción naval y suministros) con particular significación en algunas Comunidades Autónomas. En el caso de Andalucía, en la actualidad la pesca aporta el 0,43% de su Producto Interior Bruto y el 0,51% de los empleos. La concentración espacial en un reducido número de municipios litorales, le hace adoptar en éstos, el papel de actividad estratégica para el sostén de la población y mantenimiento de los niveles de renta.

Actualmente la actividad pesquera padece un periodo de grandes convulsiones donde países como España, con elevada flota y pocos recursos en sus aguas, han de adaptarse a las difíciles condiciones de acceso a otros caladeros. Al mismo tiempo, la liberalización de los mercados, la dichosa globalización tan en boca de todos últimamente, influye indudablemente sobre la actividad extractiva, especialmente sobre los precios del producto pesquero.

¿Cómo afecta el estado de los recursos a la actividad pesquera? Es innegable que el mantenimiento de una, no lo olvidemos, actividad económica rentable y sostenible estará condicionado por las posibilidades que ofrece el recurso explotado, en nuestro caso las comunidades ícticas. Conviene tener en cuenta que estamos hablando de recursos autorrenovables, que no inagotables, y de naturaleza no visible y a menudo difícilmente accesibles, que hacen su gestión particularmente compleja. Por tanto, la determinación de medidas de ordenación, dependerá estrechamente del estado del recurso explotado, sin perder nunca de vista que las decisiones en materia de pesca afectan a las capturas de hoy y también a las previsibles capturas de mañana.

Las variaciones en la abundancia de especies de interés comercial ya fueron puestas de manifiesto en el siglo XVIII constituyendo tema de preocupación y discusión en la comunidad científica. En 1902 se establece el Consejo Internacional para la Exploración del Mar (CIEM, aunque más conocido por su acrónimo inglés: ICES), que actualmente constituye el principal foro de debate de los problemas y cuestiones que suscitan las pesquerías del Atlántico Europeas. Es en este contexto, dónde comienza el desarrollo de las distintas metodologías de estudio de la dinámica de las poblaciones marinas, requiriéndose información más detallada y necesaria para la aplicación de los diferentes modelos hasta llegar a los utilizados hoy como herramientas de evaluación. Una correcta evaluación y ordenación de un recurso

marino explotado, pasa por la aplicación de las metodologías al uso que mejor se adapten a las peculiaridades de la pesquería analizada. Para alcanzar este punto es imprescindible analizar, tanto los datos procedentes de la flota que explota el recurso, como las características biológicas de éste.

En el amplio litoral andaluz existen múltiples caladeros que constituyen una importante fuente de riqueza sobre los que se ha ejercido, desde tiempos muy remotos, la actividad pesquera. En la década de 1980 barcos de Tarifa y Algeciras inician en el área del Estrecho de Gibraltar una pesquería dirigida a la captura del voraz. Motivado por la preocupación de las Cofradías de Pescadores de estas localidades ante la disminución del recurso y la falta de estudios relativos a esta especie en el zona, el Instituto Español de Oceanografía (IEO) inició en 1997 el Proyecto de Investigación: «*Estudio de la pesquería del voraz que se desarrolla en aguas del Estrecho de Gibraltar*» incluido en el *Estudio de las Pesquerías Demersales de la Región Suratlántica Española*, llevado a cabo desde la Estación Oceanográfica de Cádiz. El objetivo perseguido es tratar de ofrecer una visión de la dinámica de la población de la especie en el área de estudio, que permita su uso como herramienta de asesoramiento para una óptima gestión del recurso. Para alcanzar este ambicioso objetivo, es necesario cubrir aquellos aspectos procedentes de la propia actividad pesquera, además de ampliar nuestro conocimiento sobre las características biológicas del recurso explotado.

En la presente Memoria de Tesis Doctoral abordamos el desarrollo y discusión de estos aspectos biológico-pesqueros. Dado que la metodología empleada varía grandemente dependiendo de los Capítulos a tratar, se ha optado por una elaboración prácticamente autónoma de éstos, con sus respectivos apartados de: Introducción, Metodología, Resultados y Discusión. Las Conclusiones de esta Memoria constituirán por tanto el colofón y nexo de unión de los distintos Capítulos de los que ésta se compone.

Una actividad pesquera respetuosa con los recursos, apoyada en una investigación acorde con la importancia de este sector económico, debe ser una de las claves para encarar el futuro.

1. INTRODUCCIÓN

Al asomarme en Tarifa a aquel balcón del Estrecho, medí con la vista que me hallaba en el centro de un círculo con seis leguas de radio lo mas a Gibraltar, Ceuta, Tetuán, Tánger y Sara.....¡Tarifeños, no menospreciéis las proporciones de vuestro país para ser el punto primero del mediterráneo y del océano!.

Todos los peces de ambos mares los tenéis a una jornada de distancia: los escabeches y las salazones eran la industria de vuestra costa.....¿dudáis que la isla de Tarifa en medio del Estrecho es el farol, es el vigía, es el antemural de vuestro país respecto a los vecinos que tendríais a raya escarpando todas esas costas entre torres?

Jph. González y Montoya

1.1. ÁREA DE ESTUDIO

Durante mucho tiempo las Columnas de Hércules constituyeron el límite, la última frontera, para los antiguos navegantes del Mediterráneo. Cuenta la mitología helénica que fue Hércules quién separó las dos rocas, Gibraltar y Ceuta, para abrir el camino al océano una vez cumplidas sus doce proezas. También encontramos otras Columnas de Hércules en La Coruña, Noroeste de España y en el Cabo Cleare al Suroeste de Irlanda. Sobre estos lugares se asentaban las puertas de mares inexplorados y embravecidos por las leyendas (Figura 1.1). Hasta allí, surgido del conocimiento milenario, podía navegarse con relativa seguridad pero más allá, *plus ultra*, existía una extensión líquida inacabable e inabarcable. Surgieron entonces



Figura 1.1. Monstruos marinos aproximándose a un barco del siglo XVI. New Bedford Whaling Museum (New Bedford, E.E.U.U.).

nombres como *Mar de Afuera*, *Mar Exterior* o *Mar Grande*, pronunciados en alto por aquellos valientes marinos que, dejando a un lado el *non plus ultra*, franquearon las Columnas para navegar por aquellas ignotas aguas.

Más allá de este tipo de consideraciones legendarias y a causa de sus características morfológicas, tectónicas y

sedimentarias, debemos considerar el Estrecho de Gibraltar como un área de transición entre el Golfo de Cádiz y el Mar de Alborán. Debido a los procesos ligados al intercambio de aguas atlánticas y mediterráneas, este área presenta un gran interés para estudios multidisciplinarios de interrelaciones entre procesos hidrodinámicos y biológicos.

1.1.1. Situación geográfica y topografía

Desde un punto de vista geográfico, el Estrecho de Gibraltar es un paso marítimo natural, de aproximadamente 73 km de longitud, que comunica el Océano Atlántico con el Mar Mediterráneo (Figura 1.2). La zona más angosta, que podría considerarse como Estrecho en sentido estricto, está comprendida entre los meridianos de Punta Malabata y Ceuta, y tiene una longitud de 41 km.



Figura 1.2. Estrecho de Gibraltar.

La franja costera hispano - marroquí le da un aspecto de doble embudo: su parte más ancha, entre el Cabo de Trafalgar en el litoral atlántico-gaditano y el Cabo Espartel en el litoral atlántico-marroquí, va progresivamente estrechándose hacia levante hasta alcanzar una distancia mínima de tan solo 14,7 km entre Europa y África. A partir de este punto vuelve a ensancharse hasta alcanzar el Mar Mediterráneo entre Punta Europa y Ceuta.

De igual manera, las plataformas continentales van estrechándose también en sentido de Este a Oeste, desde los 13,5 km al Sur de Barbate hasta los 1,5 km de media, entre Tarifa y Punta Acebuche. Incluso en algunos lugares del litoral marroquí, como Punta Cires y Punta Leona, la plataforma continental llega a desaparecer.

Entre ambas plataformas continentales, española y marroquí, transcurre el Canal Principal del Estrecho con una profundidad media superior a los 550 m. A su vez, este canal se divide en una zona Occidental menos profunda y una zona Oriental, o Cuenca de Gibraltar, con más de 700 m de profundidad media, que llega a alcanzar un valor máximo de 960 m en la depresión situada al sur de la Punta del Acebuche. Ambas zonas están separadas por el denominado Umbral de Gibraltar, de Punta

Paloma a Punta Malabata, que atraviesa el Estrecho de Gibraltar como un muro en sentido Norte - Sur.

En las zonas profundas del Estrecho la distribución sedimentaria está regida por las corrientes del fondo procedentes del Mediterráneo, que circulan en sentido Este - Oeste. Predominan las fracciones más groseras (arenas de grano grueso y gravas) como consecuencia de la erosión de los afloramientos rocosos presentes en el área (IEO, 1983). Estos afloramientos rocosos se deben a que las fuertes corrientes mantienen algunas zonas libres de sedimentos, que a veces pueden estar cubiertas por una reducida capa de gravas, gravas poligénicas y arenas bioclásticas (SECEG, 1982). De manera excepcional, las inmediaciones de las cabeceras de los cañones de Gibraltar y Ceuta aparecen recubiertas de fangos, al existir unas condiciones de sedimentación relativamente estables por estar al abrigo de estas corrientes (Kelling y Stanley, 1972).

Los componentes biógenos predominan en los sedimentos del fondo del Estrecho mientras que en la zona de los cañones predominan los terrígenos (Kelling y Stanley, 1972). Además, los depósitos sedimentarios más gruesos se van haciendo cada vez más finos a medida que la corriente del fondo decrece en intensidad (Kelling y Stanley, 1972; Meliéres, 1974).

1.1.2. Meteorología

El Estrecho de Gibraltar está enmarcado dentro de lo que podríamos denominar un clima mediterráneo, de características intermedias entre la variedad del Golfo de Cádiz y la más tropical de la Costa del Sol. Se caracteriza por la suavidad de sus temperaturas (a causa de la alta y continua humedad), la media anual varía en torno a los 18 °C, con una oscilación térmica sobre los 9 - 10 °C, y precipitaciones anuales entre 800 y 1000 mm, con un número de días de lluvia al año entre 60 y 90.

El estudio y la recopilación de datos meteorológicos ha tenido siempre un gran interés para científicos y navegantes. Actualmente, los partes del tiempo y la recopilación de la información meteorológica, permite a la gente de la mar evitar situaciones de peligro, permaneciendo amarrados o buscando diferentes rutas, eludiendo temporales y aprovechando vientos favorables.

Al calentarse la tierra de forma irregular, ésta transmite el calor absorbido a la atmósfera de manera también no uniforme. La consecuencia es la presencia en la atmósfera de zonas más o menos calentadas. El aire caliente, menos denso, tiene

tendencia a ascender ocupando el vacío creado por el aire colindante más frío y denso. Este movimiento de masas de aire da como resultado el viento. Las masas de aire de mayor densidad corresponden a áreas de mayor presión y tienden a desplazarse hacia aquellos lugares que ocupaban masas de menor densidad, presión, que ascendieron a zonas más altas. Puede decirse, por tanto, que el aire se desplaza desde los puntos de alta presión (A) hacia los de baja presión (B). A causa de la rotación terrestre el viento no sigue un movimiento rectilíneo, debiéndose ilustrar su dirección con líneas curvas que intentan seguir las isobaras alrededor de estos núcleos de altas y bajas presiones. En el Hemisferio Norte, como resultado de la fuerza geostrófica, el sentido de giro del viento es convergente hacia B e inverso a las manecillas del reloj (desviándose hacia la izquierda) y divergente desde A en el sentido de las manecillas del reloj (desviándose a la derecha).



Figura 1.3. Rosa de los vientos.

Las diferentes direcciones se hallan representadas en los puntos del horizonte de la Rosa de los Vientos (Figura 1.3).

El Estrecho de Gibraltar se caracteriza por la presencia y alternancia de dos vientos principales, que a continuación pasamos a detallar.

Los vientos de Levante, de componente Noreste hasta Sureste, al llegar a Tarifa (parte más angosta del Estrecho) toman dirección más Este y aumentan su velocidad. Éstos son los dominantes entre la primavera y el inicio del otoño, julio a octubre, aunque pueden soplar en cualquier época del año. Estos vientos están ligados a anticiclones en Europa y bajas presiones en Marruecos. Cuando esto ocurre, se forma sobre el Peñón de Gibraltar la famosa nube en forma de bandera, originándose fuertes temporales en el Sureste peninsular. Es un viento tanto más fuerte cuanto más nos acerquemos desde la costa malagueña hasta Tarifa, al acelerarse entre las montañas norteafricanas y las de la Sierra del Aljibe. A sotavento, hasta Cádiz, sigue fuerte aunque algo menos. Si bien en el campo de Gibraltar es un viento húmedo, en los alrededores de la Bahía de Cádiz es seco tras su paso por la campiña jerezana.

El Poniente es un conjunto de vientos donde predomina la componente Oeste y suele dominar en el otoño e invierno, aunque también puede soplar en cualquier

estación del año y suele amainar al ponerse el sol. Al contrario que el Levante, es más intenso en el área mediterránea colindante al Estrecho de Gibraltar, y más seco en el Campo de Gibraltar que en la Bahía de Cádiz.

Menos frecuentemente pueden producirse en el área otros vientos como el Sur, o *viento del moro*, que es el viento térmico por excelencia. Es frecuente en verano, al ser una brisa, cuando no existe un gradiente isobárico mínimo, y aparece brevemente el resto del año en los tránsitos Levante a Poniente y viceversa. Además, sobre todo en otoño e invierno, puede aparecer acompañando la llegada de un frente borrascoso a la Península Ibérica el Suroeste o *vendaval*. Éste va acompañado de lluvia y es el más intenso de todos, pero también es el menos duradero, pues al poco tiempo, al pasar el frente, se establece el Poniente. De hecho podría incluirse como Poniente, aunque por sus especiales características cabe hacer esta distinción.

1.1.3. Hidrodinámica: Sistema de corrientes

Los cambios en la intensidad de las corrientes de marea ocasionados por los fuertes gradientes batimétricos en determinadas zonas del Estrecho provocan patrones de circulación caracterizados por la formación de vórtices y de los conocidos «hileros de corriente ó hervideros», asociados estos a los fuertes gradientes de velocidad horizontal en la capa superior, producidos por el efecto de la generación de ondas internas de gran amplitud, 100 m entre cresta y seno de las ondulaciones de la interfaz Atlántico- Mediterránea (Bruno *et al.*, 2002).

Los hileros de corriente, tan frecuentes y numerosos en el Estrecho de Gibraltar, ocurren generalmente en las inmediaciones de las puntas más salientes de ambas costas y cerca de los bancos que se destacan de ellas, donde los ángulos son más agudos y la costa cambia de dirección. La Figura 1.4 ilustra este fenómeno captado por una foto aérea, realizada en una de las campañas del proyecto GIMIX. Los hileros más característicos y espectaculares, se producen como una respuesta a la interacción del flujo de marea saliente con la topografía del umbral de Camarinal (M. Bruno, *com. pers.*). En la costa española es sobradamente conocido el del Cabo de Trafalgar, por ser de los más violentos, que se extiende hacia el Suroeste pasando por encima del Bajo de la Aceitera hasta perderse envuelto en la corriente general. Además, están los del Bajo de los Cabezos, Isla de Tarifa, Punta del Fraile, Bajo de la Perla y Punta de Europa. En la costa africana aparecen en el Cabo Espartel, Punta Malabata, Punta Altares, Punta Al-Boassa, Punta Cires, Punta Leona y Punta de Santa Catalina en Ceuta. Los hileros se forman instantáneamente y sin indicios precursores,

aún cuando la mar esté en su mayor reposo. Aparece de pronto un hervidero como el producido por el agua en ebullición, y se arma una mar encrespada que rompe a menudo. Si a este fenómeno se agrega la fuerza del viento y la de la mar producida por éste, entonces se hacen muy terribles, no sólo para las embarcaciones pequeñas, sino aún para las mayores, como refleja desde antiguo el Derrotero General del Mediterráneo de 1860.



Figura 1.4. Hileros de corriente en aguas del Estrecho de Gibraltar. (Cortesía de M. Bruno del Departamento de Oceanografía de la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad de Cádiz).

La existencia de un intercambio de masas de agua entre el Océano Atlántico y el Mar Mediterráneo es, sin duda, el factor más importante para comprender las especiales características hidrodinámicas del Estrecho de Gibraltar.

A causa de su diferente densidad, el agua atlántica fluye en superficie a través del Estrecho de Gibraltar en su entrada al Mar Mediterráneo, mientras que la mediterránea abandona su cuenca en profundidad.

Flujo atlántico: La entrada del flujo atlántico en el Golfo de Cádiz procede de un brazo de la Corriente del Golfo que, por influencia de vientos del Noroeste, gira hacia el Suroeste. Este brazo al alcanzar la Península Ibérica circula pegado a la costa, desde Galicia hasta el cabo de San Vicente conformando la llamada Corriente de Portugal. La mayor parte continúa su camino hacia las Islas Canarias siguiendo la costa africana (Sánchez y Zabaleta, 1972) mientras que el resto penetra en el Golfo de Cádiz recorriendo el margen continental de la región suratlántica ibérica hasta su llegada al Estrecho de Gibraltar (Segado *et al.*, 1984). A causa de esta circulación general, en el Golfo de Cádiz llegan a diferenciarse tres tipos de agua atlántica a lo largo de la

columna de agua (Gascard y Richez, 1985; Bryden y Kinder, 1985; Schull y Bray, 1989):

- Agua Nor-Atlántica Profunda (ANAP): a partir de los 700 m.
- Agua Central Nor-Atlántica (ACNA): entre los 700 y 100 m.
- Agua Superficial Atlántica (ASA): en profundidades inferiores a los 100 m.

Las dos últimas (ACNA y ASA) penetran en el Mar Mediterráneo a través del Estrecho de Gibraltar. El Agua Central Nor-Atlántica (ACNA) queda patente en la zona marcando un mínimo de salinidad (35,7 – 36 ‰) en los diagramas Temperatura-Salinidad (Gascard y Richez, 1985). Ya en la cuenca mediterránea este ACNA pierde muy pronto su identidad a causa de los procesos de mezcla con aguas masas de agua mediterránea de mayor salinidad.

El patrón general de circulación está claramente influenciado por el régimen de vientos. Debido a la influencia del Anticiclón de las Azores, los vientos del Norte extienden el flujo atlántico a lo largo del Cabo de San Vicente. Estos vientos del Norte rolan en dirección Este - Oeste sobre el Golfo de Cádiz, cambiando, por tanto, a vientos del Oeste (O y NO) que empujan el flujo atlántico hacia el Sureste siguiendo la franja costera (Villanueva y Gutiérrez-Mas, 1994). En el Estrecho de Gibraltar parte del flujo atlántico continúa en esa dirección penetrando en el Mar de Alborán y el resto gira al Oeste dando lugar, frente a la costa gaditana, a un giro anticiclónico denominado *Eddy* de Tarifa por Stevenson (1977). Con este régimen de vientos, el afloramiento de agua Nor-Atlántica profunda producido en el Cabo de San Vicente, se extiende por el Sureste sobre toda la franja costera ibérico suratlántica, de manera que en los meses de verano el contraste de estas aguas frías con las cálidas del vórtice anticiclónico, produce una estructura térmica en superficie característica de este régimen de circulación (Folkard *et al.*, 1997).

Cuando las bajas presiones quedan más al Sur, son los vientos del Suroeste y de Levante los dominantes, creando una corriente en dirección Noroeste que provoca un desplazamiento hacia poniente de la estructura descrita. En estas condiciones, el agua cálida costera se extiende a lo largo de todo el litoral y el afloramiento de Agua Central Nor-Atlántica (ACNA) vuelve a replegarse a la altura del Cabo de San Vicente (Folkard *et al.*, 1997).

Este patrón de circulación prevalece a lo largo de todo el año, a pesar de que durante los meses invernales no se traduce en características térmicas superficiales.

Flujo mediterráneo: En el Mar de Alborán pueden distinguirse dos tipos de masas de agua de origen mediterráneo.

- Agua Levantina Intermedia (ALI): con origen frente a la costa sur de Turquía, entre Rodas y Chipre, a unos 250 m de profundidad (Gascard y Richez, 1985).
- Agua Mediterránea Profunda (AMP): formada durante los meses de invierno en la plataforma continental del Golfo de León (Milot, 1986).

El ALI, con salinidad de 38,48 ‰ y 13,10 °C de temperatura, circula pegada a la plataforma continental española del Mar de Alborán entre los 300 y los 600 m de profundidad. Por debajo de ésta, y ocupando el fondo de la cuenca, puede distinguirse el AMP, de menor salinidad y temperatura (38,44 ‰ y 12,9 °C, respectivamente) apilándose en el talud africano sobre el que llega a ascender a profundidades de 400 m (Gascard y Richez, 1985). Ambas masas de agua se dirigen juntas hacia el Estrecho de Gibraltar, continuando en esta disposición de dos capas hasta alcanzar la boca oriental de éste, produciéndose un activo proceso de mezcla que las transforma en una única masa de agua, el Agua Mediterránea (AM), que se extiende por toda la cuenca atlántica en profundidades superiores a los 500 m (Zenk, 1975; Stevenson, 1977).

Una vez en el Golfo de Cádiz, la circulación de este agua mediterránea estará determinada por la fuerza de Coriolis y la topografía del fondo. Ambas son responsables de que el flujo mediterráneo se divida en dos brazos localizados a distintas profundidades: uno más profundo, por debajo de los 756 m con salinidad de 37,42 ‰ y temperatura de 13,6 °C, y el otro superior, que circula entre los 500 y 600 m de profundidad con salinidad de 37,07 y 13,72 °C de temperatura (Ambar y Howe, 1979; Ambar, 1983). El brazo superior, menos profundo, recorre la plataforma continental española siguiendo la línea de costa hasta llegar al Cabo de San Vicente, mientras que el inferior atraviesa una zona de cañones submarinos y guiado por la topografía del fondo se divide en varias ramas que circulan por debajo de los 1200 m (Madelain, 1970; Zenk, 1975). Todas estas ramas abandonan el Golfo de Cádiz al atravesar el umbral situado entre el Cabo de San Vicente y el Banco de Gettysburg a 1250 m de profundidad.

1.2. LA ESPECIE

El voraz o besugo de la pinta [*Pagellus bogaraveo* (Brünnich, 1768)] se ha considerado, desde siempre, una especie de alto interés comercial, plenamente integrada en la dieta y gastronomía ibérica y tradicionalmente presente entre los pescados frescos más solicitados.

Quizá la cena de Nochebuena era antaño la comida más ritual del año y sigue siéndolo en la actualidad, por estar considerada la cena familiar por antonomasia. Antiguamente, por precepto eclesiástico, la víspera de Navidad era día de abstinencia de carnes, e incluso, anteriormente, día de ayuno. Nada que ver con la actualidad. Por ello, en la Edad Media, al ser obligada la vigilia por Nochebuena, el besugo se coronó como plato tradicional de muchas mesas castellano-leonesas. En el País Vasco, surge la leyenda del *Olentzero* que aparece la víspera por el Monte Igeldo, blandiendo un enorme besugo para recordar a los vascos la obligatoriedad de comerlo por Navidad.

También encontramos referencias a esta especie en manifestaciones tan populares y enraizadas como los carnavales, mencionándose en fuentes literarias tan antiguas, como el Libro del Buen Amor (siglo XIV) en el que su autor Juan Ruiz, Arcipreste de Hita, presenta a Doña Cuaresma en su batalla con Don Carnal bien acompañada, entre otros pescados, por el besugo de Bermeo. De interés turístico, por constituir una manifestación tradicional y popular, es el Carnaval de Santoña (Cantabria) donde cada año se representa la historia de un besugo que, enamorado de una sirena, decide raptarla. Este atrevimiento le hace ser apresado y llevado a juicio, *Juicio en el fondo del Mar*, donde todas las especies marinas cuentan su parte en este suceso. Al final es condenado a morir, *Entierro del Besugo*, en tierra seca. Incluso encontramos alusiones a esta especie en la obra cumbre de la literatura española donde el Ingenioso Hidalgo Don Quijote de la Mancha afirma: *y los ojos que parecen de perlas antes son de besugo que de dama* (Cervantes, 1605).

Al margen de estos testimonios, también es mencionado en textos como El Arancel (1355) y en las Ordenanzas de las primeras Cofradías de Pescadores medievales (v.g. Las Ordenanzas del Gremio del Mar de Lúcar de 1468), así como, en diversos manuscritos de esa época relativos a otras localidades costeras.

Desde antiguo, la actividad pesquera en el Cantábrico se basaba en dos grandes campañas o *costeras*: la estival, centrada en el atún, y la invernal, correspondiente al besugo. Madrid recibía a finales del siglo XVI casi dos toneladas de pescado diarias, de modo que permitía a sus habitantes comer una media de 7 kilos

de pescado anuales concentrados en determinadas fechas. Al ser sede de la Corte, y como centro privilegiado, recibía una gran variedad de pescados frescos sobresaliendo los más de mil kilos de besugo fresco. Los besugos suponían entonces la especie fresca más consumida con mucha diferencia sobre las merluzas. Era éste el pescado tradicionalmente apreciado en las mesas de los más pudientes. Su precio a mediados del siglo XVIII alcanzaba casi los tres reales la libra (460 gramos) el equivalente al salario de un jornalero. Los tratantes de pescado disponían de correspondientes en los puertos del Cantábrico (Santander, Castro Urdiales, Laredo, Bermeo...) y eran los que se encargaban de despachar el producto a través de arrieros. El hecho de ser transportados en los meses invernales, hacía siempre más arriesgado el traslado, aunque eran los más adecuados para que el pescado llegara fresco. En 1756, las cargas procedentes de Bermeo tardaban en llegar seis días, pero en 1695, un tratante declaraba que había tardado en recibir los besugos diez días debido al mal tiempo. Además, su importancia socioeconómica queda recalcada en el refranero popular: *El besugo mata el mulo, besugo de enero vale un carnero, en enero el besugo es caballero, por San Blas besugo atrás*. En 1848, se producen variaciones significativas, siendo desbancado el besugo por la merluza fresca (*Merluccius merluccius*), especie cuyo consumo crece espectacularmente y va ganando terreno progresivamente en el mercado, al mismo tiempo que la sardina (*Sardina pilchardus*).

1.2.1. Denominaciones

En 1987, Alcaraz *et al.* proporcionaron un listado de distintas acepciones locales españolas para el *Pagellus bogaraveo*, tales como:

- País Vasco: Bixigu, bishigua, bisugu arrunta.
- Cantabria: Besugo, panchoburás, ollomoel.
- Asturias: Besugo, pancho.
- Galicia: Goraz, pachán, pachano, besugo de Laredo, ollomel.
- Andalucía: Voraz, goraz, borazo, besugo y besugo de la pinta.
- Murcia: Pachano, pagell, besuget.
- Valencia: Pachano, pagell, besuget.
- Cataluña: Quelet, besugo, besuget, boga ravella, pixano, bogarravell.

- Baleares: Uot, bogaravell, campechano, gorás, pitchell, quelet.
- Canarias: Besugo.
- Castilla: Besugo, besugo de Laredo, ferrer.

El Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) publicó en 1995 la propuesta de norma de denominaciones oficiales que aparece en el Catálogo de denominaciones de especies acuícolas españolas. Allí aparece el nombre de besugo (castellano), bogarravell (catalán), ollomol (gallego) y bisigu arrunta (vasco) como denominación oficial. Además, dentro de otras denominaciones, se reconocen las acepciones de: goraz, pachán, pachano, besugo de la pinta, gora y parchán en la Comunidad Autónoma de Andalucía.

Por otro lado, a efectos de estadística pesquera, la adjudicación de códigos numéricos ayuda a evitar distorsiones e inexactitudes, frecuentemente originadas por la confusión de los distintos nombres vernáculos referidos a una misma especie, e incluso a los cambios que, con el tiempo, sufren las acepciones científicas. A esta especie se le asigna el código FROM: 2.1.23.02.

Recientemente, se ha desarrollado el SIRENO (Seguimiento Integrado de los Recursos Naturales Oceánicos) como aplicación que pretende dar soporte informático, al ingente volumen de información de base recogida anualmente por los diferentes Proyectos del Instituto Español de Oceanografía (IEO). La vocación de esta aplicación es servir de herramienta eficaz para los trabajos de investigación, constituyendo un caso particular la normalización y codificación de las denominaciones de diferentes especies. En el caso del *Pagellus bogaraveo*, el nombre adoptado por el IEO ha sido el de besugo, coincidiendo con la denominación oficial de esta especie en el Estado Español, y su código numérico el 10487. Asociado a éste y a su correspondiente código alfa3 de FAO, en este caso SBR, se presentan distintos nombres locales entre los que citamos: besuc de la piga y besuc de la taca en Cataluña, ollomol, en distintas localidades del litoral gallego y cantábrico, voraz en el Estrecho de Gibraltar (Crespo y Ponce, 2003).

En un contexto más amplio mostramos las diferentes denominaciones para esta especie en las 20 lenguas oficiales de la Unión Europea, algunas de ellas difícilmente pronunciables (Tabla I.I).

Tabla I.I. Denominaciones oficiales de la Unión Europea para el *Pagellus bogaraveo*.

Lengua oficial	Denominación	Lengua oficial	Denominación
Español (ES)	Besugo del Cantábrico	Sueco (SV)	Fläckpageli
Danés (DA)	Spidstandet blankesten	Checo (CS)	Ružicha šeda
Alemán (DE)	Nordischer fleckbrassen	Estonio (ET)	Besuugo
Griego (EL)	Κεφαλάς	Letón (LV)	Sarkanspuru pagele
Inglés (EN)	Red (blackspot) seabream	Lituano (LT)	Raudonpelekis pagelas
Francés (FR)	Dorade rose	Húngaro (HU)	Nagyszemű vörösdurbines
Italiano (IT)	Occhialone	Maltés (MT)	Págell aħmar
Holandés (NL)	Zeebrasem	Polaco (PL)	Morlesz bogar
Portugués (PT)	Goraz	Eslovaco (SK)	Subatica ružová
Finlandés (FI)	Pilkkupagelli	Esloveno (SL)	Okati ribon

De cualquier forma, en las localidades involucradas en la pesquería que nos ocupa, se conoce con el nombre de voraz por lo que éste será el nombre vulgar utilizado, de ahora en adelante, a lo largo de la presente Memoria.

1.2.2. Posición taxonómica

Según Nelson (1994) el voraz ocupa la siguiente posición sistemática:

Superclase *GNATHOSTOMATA*

Clase *ACTINOPTERYGII*

Subclase *NEOPTTERYGII*

División *TELEOSTEI*

Subdivisión *EUTELOSTEI*

Superorden *ACANTHOPTERYGII*

Orden *PERCIFORMES*

Familia *SPARIDAE*

Género *Pagellus* (Valenciennes, 1830)

Especie *Pagellus bogaraveo* (Brünnich, 1768)

Dentro de los Acantopterigios, peces que se caracterizan por la presencia de radios duros y espinosos en las aletas, los *Perciformes* constituyen un orden de gran heterogeneidad morfológica al que pertenecen la mayoría de las especies ícticas conocidas.

Los espáridos, especies pertenecientes a la familia *Sparidae*, son peces marinos, muy raramente de aguas salobres o dulces, de latitudes templadas o tropicales. En Europa son abundantes en el Mediterráneo y en la costa occidental de la Península Ibérica. Tanto los ejemplares jóvenes como las especies de pequeña talla viven, generalmente, en aguas costeras y suelen ser gregarios. Los ejemplares adultos, de las especies de mayor talla, habitan aguas más profundas sobre la plataforma y el borde del talud continentales.

Esta familia contiene el género *Pagellus* que se caracteriza, fundamentalmente, por tener los dientes anteriores en carda, carecer de caninos y presentar varias series de dientes molares redondeados en ambas mandíbulas. En la actualidad, este género agrupa seis especies (Froese y Pauly, 2002) que se detallan en la Tabla I.II.

Tabla I.II. Especies pertenecientes al género *Pagellus* (según FISHBASE: Froese y Pauly, 2002). Nombre actual y sinonimias.

Nombre actual	Nombre original	Autor
<i>Pagellus acarne</i>	<i>Pagrus acarne</i> ⁽¹⁾	Risso, 1827
	<i>Pagellus owenii</i> ⁽³⁾	Günther, 1859
<i>Pagellus affinis</i>	<i>Pagellus affinis</i> ⁽¹⁾	Boulenger, 1888
<i>Pagellus bellottii bellottii</i>	<i>Pagellus bellottii</i> ⁽¹⁾	Steindachner, 1882
	<i>Pagellus lippei</i> ⁽³⁾	Steindachner, 1894
	<i>Dentex cuninghamii</i> ⁽²⁾	Regan, 1905
	<i>Pagellus coupei</i> ⁽²⁾	Dieuzeide, 1960
<i>Pagellus bellottii natalensis</i>	<i>Pagellus natalensis</i> ⁽¹⁾	Steindachner, 1903
<i>Pagellus bogaraveo</i>	<i>Sparus bogaraveo</i> ⁽¹⁾	Asso, 1801
	<i>Sparus cantabricus</i> ⁽²⁾	Asso, 1801
	<i>Sparus centrodonatus</i> ⁽²⁾	Delaroche, 1809
	<i>Pagellus breviceps</i> ⁽³⁾	Valenciennes, 1830
<i>Pagellus erythrinus</i>	<i>Sparus erythrinus</i> ⁽¹⁾	Linnaeus, 1758
	<i>Pagellus rostratus</i> ⁽³⁾	Lowe, 1838
	<i>Pagellus canariensis</i> ⁽²⁾	Valenciennes, 1838
	<i>Pagellus guentherii</i> ⁽³⁾	Capello, 1867

⁽¹⁾Combinación original. ⁽²⁾Sinonimia juveniles. ⁽³⁾Sinonimia

En aguas del Estrecho de Gibraltar conviven cuatro especies, a saber: *P. acarne*, *P. bellottii*, *P. bogaraveo* y *P. erythrinus*. La Tabla I.III resume algunas características distintivas de cada una de ellas. Las dos restantes, *P. affinis* y *P. bellottii natalensis*, habitan aguas del Océano Índico: Golfo de Adén y Norte de Somalia, el primero y de Sudáfrica a Madagascar, el segundo.

Tabla I.III. Características distintivas de las especies pertenecientes al género *Pagellus* presentes en el Estrecho de Gibraltar.

Características	<i>P. acarne</i>	<i>P. bellottii</i>	<i>P. bogaraveo</i>	<i>P. erythrinus</i>
Nombre vulgar	Besugo	Garapello	Voraz	Breca o pajel
Longitud máx.	hasta 35 cm	hasta 42 cm	hasta 65 cm	hasta 50 cm
Profundidad	0-400 m	10-300 m	0-700 m	0-200 m
Distribución	Golfo de Vizcaya y Mediterráneo. Norte de África	Argelia, Marruecos, Oeste de África	Noruega a Senegal. Mediterráneo	Golfo de Vizcaya y Mediterráneo. Norte de África
Fondo	Migajoso	Grava-arena	Roca a fango	Limoso
Color	Pardo-rojizo	Rojizo	Pardo-rojizo	Rosáceo
Cavidad bucal	Rojiza	Verdosa	Rojiza	Blanquecina
Hocico	Agudo	Corto	Corto	Agudo
Manchas	Roja en la base de la aleta pectoral		Negra, en la línea lateral	

1.2.3. Descripción morfológica y área de distribución

El voraz tiene el cuerpo alargado, ovalado y comprimido lateralmente (Figura 1.5). Luce una coloración rojiza con una característica mancha negra en el inicio de la línea lateral. Esta pinta suele faltar en los ejemplares más jóvenes, llamados pachanes, que viven en fondos inferiores a 50 m frecuentando puertos y bahías, y a medida que van creciendo se alejan, descendiendo a profundidades superiores a los 200 m. Puede crecer hasta alcanzar tallas cercanas a los 70 cm. Pez de aletas rosadas, mas o menos brillantes. Una sola aleta dorsal con 12 ó 13 radios duros y de 11 a 13 radios blandos. También presenta una única aleta anal con 3 espinas y de 11 a 12 radios blandos (Muus *et al.*,1999). Aletas pectorales alargadas y puntiagudas. Aleta caudal más o menos escotada. La línea lateral cuenta con 68 a 74 escamas hasta la base de la aleta caudal. Presenta un hocico chato y el perfil de la cabeza es convexo. Las escamas occipitales se extienden hacia delante, entre el margen posterior y medio de ojo. Los ojos tienen un color rosáceo característico y su diámetro es más grande que la longitud de la boca. Interior de la boca naranja-rojo, con una primera serie de dientes afilados tras los que se disponen los molariformes. El primer

arco branquial despliega de 18 a 19 branquispinas inferiores y de 11 a 13 superiores (Whitehead *et al.*, 1986).



Figura 1.5. El voraz [*Pagellus bogaraveo* (Brünnich, 1768)].

Es una especie íctica marina bentopelágica meridional que se distribuye por el Atlántico oriental. Hay constancia de su presencia en las costas occidentales europeo-africanas y en el Mar Mediterráneo. En latitud, se distribuye desde Noruega (65° N) hasta las Islas Canarias (27° N). Más al Norte consta una referencia de Jonsson en 1992 acerca de su presencia en Islandia (70° N) y al Sur incluso puede llegar hasta Cabo Blanco (21°). En longitud esta especie se encuentra entre los 30° Oeste, Islas Azores, y los 22° Este, en el Mar Adriático y costas griegas del Mediterráneo, aunque es raro más allá del Estrecho de Sicilia (Figura 1.6).

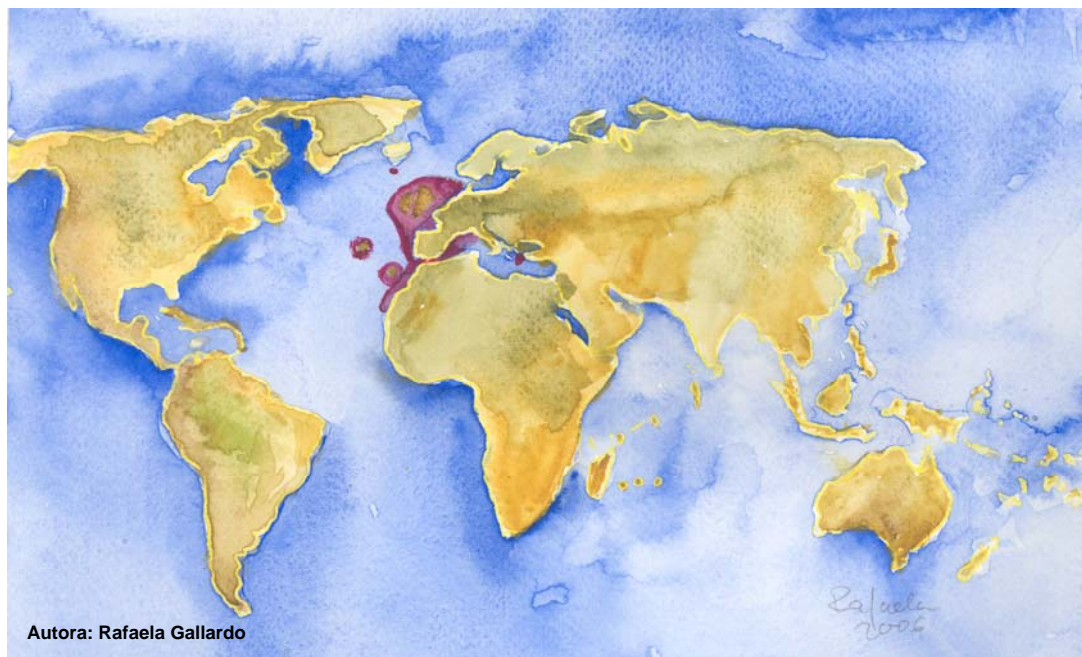


Figura 1.6. Área de distribución del voraz (*Pagellus bogaraveo*).

Vive en aguas costeras, sobre fondos de roca, arena y fango llegando hasta los 400 m de profundidad en el Mediterráneo y alcanzando los 700 m en el Atlántico. Desbrosses en 1938 cita profundidades de hasta 2000 m. Sin embargo, en las Islas Azores se han pescado, ocasionalmente, ejemplares a 900 y 950 m, ya que, habitualmente, las capturas ocurren hasta los 650 m de profundidad (Menezes *et al.*, 1998).

Por último, cabe destacar que, afortunadamente, y de momento, el voraz no está incluido en la lista roja de especies amenazadas publicada por la Asociación Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Hilton-Taylor, 2000).

1.3. SU PESCA Y COMERCIALIZACIÓN

La pesca es tan antigua como el hombre y su necesidad de alimentarse. El destino de la actividad pesquera es la captura de peces u otros organismos vivos habitantes de aguas marinas, mares y océanos, o continentales, ríos y lagos. Esta actividad, ejercida desde hace milenios y tan sólo precedida por la recolección de frutos, nació para aportar alimentos a aquellos pueblos que la practicaban. De hecho, en un horizonte arqueológico, son habituales las representaciones de escenas de pesca sobre las paredes de cuevas, antaño habitadas por pueblos primitivos. En nuestra área de estudio, en el yacimiento arqueológico de *Baelo Claudia*, encontramos vestigios romanos de unas instalaciones de salazón de pescado en la Ensenada de Bolonia, cercana al pueblo de Tarifa. Actualmente, la pesca se ha convertido, además de en una gratificante ocupación deportiva, en una importante actividad comercial e industrial. Desde su origen, que podríamos situar en el Paleolítico Superior, los métodos de pesca han ido mejorando paulatinamente, de modo que, en la actualidad, la alta tecnificación de las flotas y artes pesqueras, ha provocado que la actividad pesquera sea, en muchos casos, el principal sustento de algunas poblaciones litorales.

La actividad pesquera se caracteriza por la enorme variedad de ingenios utilizados, (artes de pesca) y las distintas zonas (caladeros) donde ésta se lleva a cabo. Algunos de éstos están muy extendidos y otros, contrariamente, tienen un uso estrictamente local. Tanto la flota como sus artes de pesca han de adaptarse a las condiciones de vida de las especies objetivo de su captura. El término pesquería surge de la combinación de tres componentes: área, arte de pesca y población⁽¹⁾ explotada. De este modo, cada pesquería estará definida por el uso de un arte de pesca específico para la captura de una o más especies presentes allá donde faena la flota comercial.

La pesca del voraz en aguas del Estrecho de Gibraltar es una actividad muy reciente. Comenzó a realizarse a mediados de los años setenta por alguna embarcación

⁽¹⁾ ¿Puede o no emplearse indistintamente los términos población y stock? A juicio de Laurec y Leguen (1981) una población se define como el conjunto de individuos de una especie que ocupan un área geográfica determinada, formando una unidad biológica y genéticamente aislada de otras poblaciones adyacentes de la misma especie. Sin embargo, el termino stock hace referencia a la unidad de gestión, es decir, a la fracción explotable de una población. A lo largo de esta Memoria utilizaremos preferentemente el término stock, a pesar de su procedencia anglosajona ya que pensamos que se ajusta mejor a esta pesquería en concreto, y además, está incluido en el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (2001).

de Ceuta, aunque su expansión se produce a partir de 1983, cuando por las limitaciones impuestas por Marruecos, fueron desapareciendo la mayoría de las traíñas que ocupaban a los pescadores de Tarifa, que vieron en este recurso una alternativa a su actividad tradicional (García del Hoyo *et al.*, 2001).

1.3.1. Caladeros, arte y descripción de la faena de pesca

La flota voracera tiene posibilidad de trabajar en zonas bien diferenciadas del área de pesca. Comúnmente, éstas reciben el nombre de pesqueros, acepción local para los caladeros de pesca, teniendo cada uno asociado una situación y fondo determinados. La Figura 1.7 detalla la situación geográfica y el nombre de la mayoría de éstos. A poniente de Tarifa se localizan la casi totalidad de los fondos donde trabaja la flota de Tarifa y Algeciras. Hacia levante, entre Algeciras y Ceuta, encontramos aquellos explotados principalmente por embarcaciones de Algeciras. Muchos de los barcos ceutíes faenan en los caladeros próximos a su bahía. La elección de un caladero u otro depende del criterio de cada patrón.

El arte utilizado por la flota es un palangre de profundidad denominado voracera (Figura 1.8), con peculiaridades propias debidas a las particulares características hidrogeográficas del Estrecho de Gibraltar. Para su descripción, aportando breves modificaciones, partimos de la definición presente en el libro «Las artes de pesca en el litoral gaditano», editado en 1994 por la Diputación Provincial de Cádiz.

La voracera es un aparejo de anzuelo vertical típicamente gaditano utilizado por la flota de Tarifa, Algeciras y Ceuta para la explotación del voraz en las aguas del Estrecho de Gibraltar. Está compuesto por una lienza madre, *arriaera*, de unos 2000 m de longitud enrollada en un carretel. El extremo de esta línea se une, por medio de un mosquetón, a una de las puntas de la voracera y a un plomo de diferente lastre. La elección del plomo, grande o chico, está en función de la fuerza de la marea. Si el coeficiente de marea es elevado, fechas cercanas a la luna llena y nueva, se utiliza el plomo gordo a fin de que ésta no levante excesivamente el aparejo. Contrariamente, si la marea no tiene mucha fuerza interesa el uso del plomo chico ya que un exceso de peso pegaría demasiado la voracera al fondo marino.

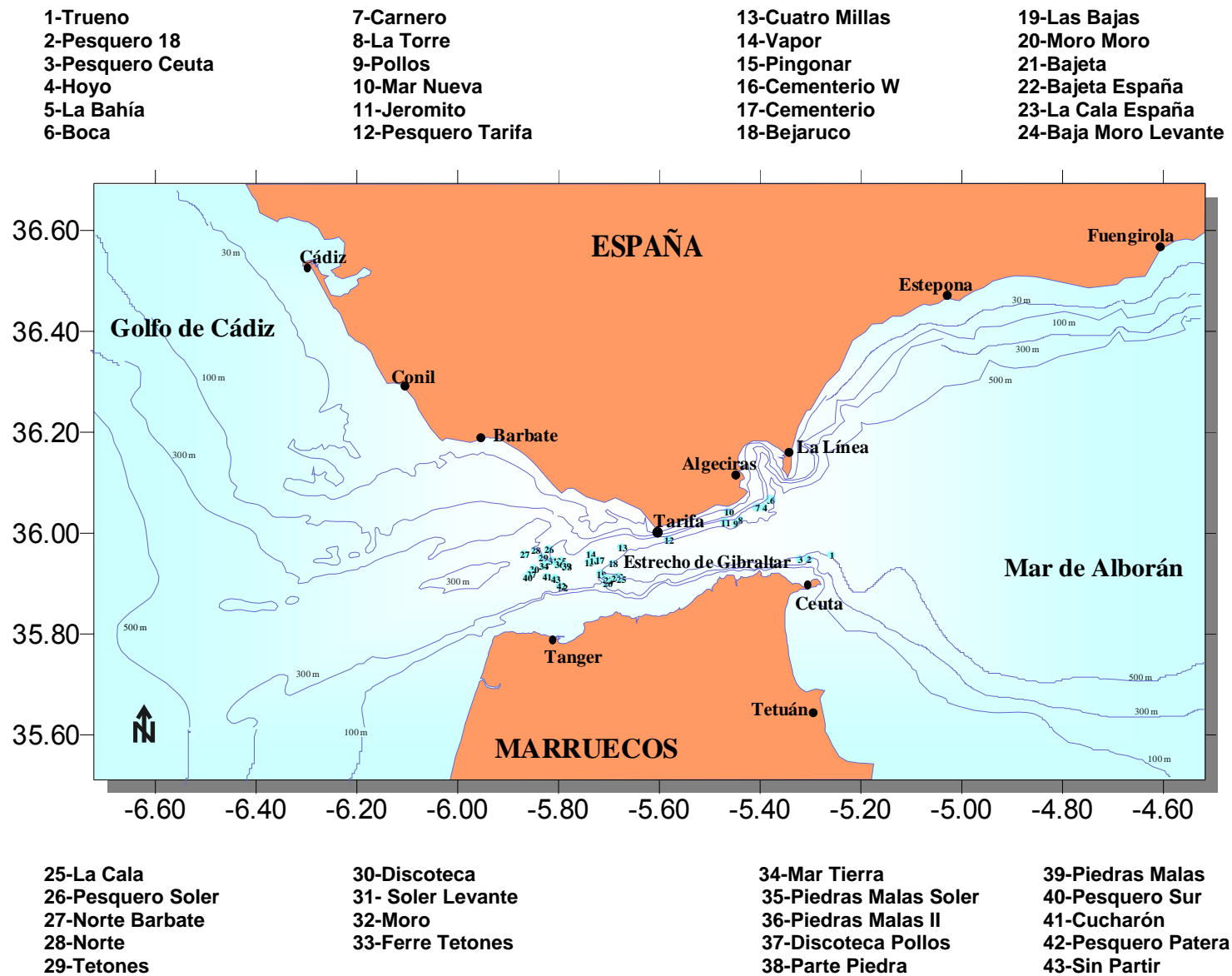


Figura 1.7. Estrecho de Gibraltar. Nombre y situación de los caladeros donde frecuentemente faena la flota voracera.

La madre de la voracera, *tripa*, con una longitud de aproximadamente 100 m, lleva amadrinadas hasta 90 brazoladas, *patas*, de un metro de longitud. Éstas están separadas por una distancia de 1,10 m y en cada una de ellas va empatillado un anzuelo cebado con sardina (*Sardina pilchardus*). El extremo final, *chicote*, de la madre de la voracera se remata con una gala donde se engancha, embragada con falseta, una piedra de hormigón, encargada de llevar a fondo el aparejo, con un peso cercano a los 15 kg. La falseta está formada por dos, tres o cuatro hilos, dependiendo también de la fuerza de la marea.

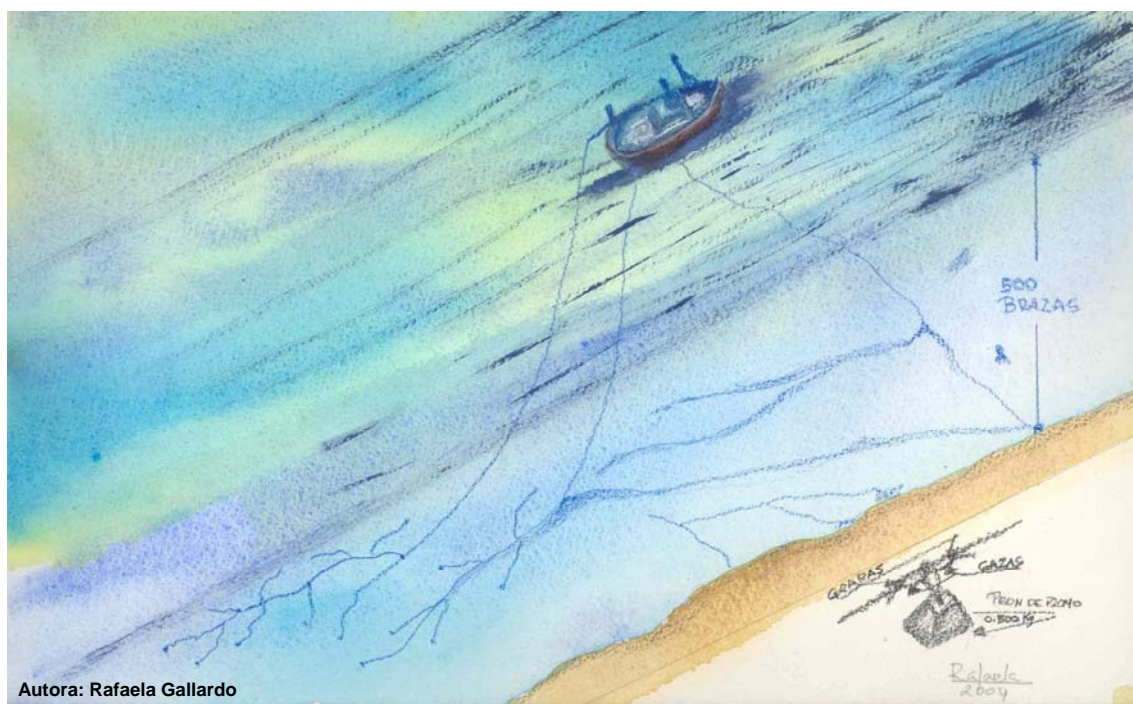


Figura 1.8. Arte voracera.

Una vez que el palangre se encuentra en el fondo, lastrado en cada uno de sus extremos por la piedra y la plomada, se cobra la lienza madre y por tanto, también la voracera, que tira a su vez de la falseta partiéndose y quedando la piedra en el fondo. En este momento puede arriarse más lienza madre para llevar a fondo el plomo, consiguiendo así, que la voracera corra paralela al fondo marino totalmente extendida.

La pesca se realiza de día, aprovechando el reviro de la marea, comúnmente de bajar a pleamar, en fondos de 200 a 400 brazas. En cada jornada de pesca se realiza un número variable de lances dependiendo de las mareas, condiciones climáticas, características técnicas de la embarcación,.... El patrón da la orden de virar el aparejo cuando sospecha, por «escuchar» los pescados, que hay ejemplares enganchados al palangre. Actualmente, las *arriaeras* se recogen mediante carreteles

hidráulicos situados en la popa del barco. Sin embargo, la *voracera*, una vez zafada del mosquetón y plomada, va metiéndose poco a poco a bordo por la banda de babor, pudiendo ser enrollada en los llamados *clavos*. Los anzuelos constituyen el componente de la voracera comúnmente reutilizable, pues se zafan del arte para que el personal de tierra pueda usarlos a la hora de aparejar las nuevas voraceras.

1.3.2. Comercialización: Categorías comerciales

Los ejemplares capturados, debido al amplio rango de tallas y por razones de mercado, se distribuyen en distintas categorías comerciales que han variado con el tiempo, según fuera el puerto de desembarco, tanto en número como en el rango de pesos de cada una de ellas.

En un principio, en el puerto de Tarifa las capturas empezaron a separarse en tres categorías comerciales, según el peso de la pieza: económicamente la categoría de mayor valor es la llamada *tamaño*, seguida de los *burros* y por último los *pequeños*. A partir de 1990 la categoría *pequeños* se dividió en dos, *medianos* y *pequeños*. Al comenzar los desembarcos en 1995 en el puerto de Algeciras, se creó una nueva categoría de ejemplares aún más pequeños que llamaron *pepes*, desaparecida a partir de 1999.

En Tarifa, la venta del voraz capturado comienza en la Lonja a las cuatro de la tarde. Los vendedores ya conocen, aproximadamente, la cantidad total desembarcada, por lo que a partir de estas cantidades sobrestimadas se inicia el proceso de venta. La subasta comienza por la categoría comercial más cotizada, *tamaño*, vendiéndose posteriormente el *burro*, el *mediano* y finalmente, el *pequeño*. Por último, se subastan las especies acompañantes de esta pesquería como la palometa o japuta (*Brama brama*), gallineta o pollos (*Helicolenus dactylopterus*), sable (*Lepidopus caudatus*).... La práctica totalidad del voraz se embarca en camiones para su distribución posterior en aquellas áreas, centro y norte de España, de mayor demanda.

Las cantidades subastadas en Lonja influyen decisivamente sobre la determinación del precio de primera venta. El precio del voraz se determina en la Lonja pesquera, y la cotización que éste alcanza en los distintos *Merca* nacionales, debe entenderse como derivada de la obtenida en primera venta. Aunque este argumento parece trivial, es posible que este producto pesquero sea uno de los pocos en los que puede realizarse esta afirmación de todos los que se subastan en Andalucía (García del Hoyo *et al.*, 2001).

En los últimos años, la Junta de Andalucía ha puesto en marcha un plan de comercialización de esta especie, a fin de mejorar las condiciones de venta de la producción de la flota voracera del Estrecho de Gibraltar. Éste incluye distintas iniciativas dirigidas a la mejora de la promoción y comercialización de esta especie:

- Edición de una guía de buenas prácticas para mejorar la calidad del producto.
- Estandarización del envasado de la producción.
- Mecanización de las operaciones de clasificación, pesado y etiquetado de las capturas (Figura 1.9).
- Informatización de la subasta.

	ANDALUCÍA (ESPAÑA) Calibre:		FRESCURA EXTRA
	Zona de Captura: ESTRECHO DE GIBRALTAR Atlántico Noroeste		Fecha Iena. Venta 29/04/2004
	Nombre Comercial: VORAZ DE TARIFA - BE		
	Nombre Científico: Pagellus bogaraveo		
Peso Aprox. (Kg) 10.00	Modo de Obtención: Extractiva	Forma de Presentación: C/C	Expedidor: LONJA DE TARIFA Muelle Pesquero, s/n N. RSI: 12.06365/CA

Figura 1.9. Etiquetado del producto pesquero.

Una siguiente etapa contempla la creación de un Distintivo de Calidad del Besugo de la Pinta – Voraz de Tarifa (Anon., 2004).

1.4. CONTEXTO LOCAL Y EUROPEO: GRUPO DE TRABAJO DE PESQUERÍAS DE PROFUNDIDAD (ICES WGDEEP). REGULACIÓN ESPAÑOLA Y COMUNITARIA

La importancia del medio marino y el interés por la exploración y explotación de sus recursos, unido al hecho de que las pesquerías son explotadas por flotas de distintas nacionalidades, originó la creación de diferentes organismos encargados del estudio de los océanos. Su propósito no es otro que mejorar el aprovechamiento de éstos y prever la influencia que el uso del medio marino ejercería sobre las poblaciones costeras y en las estructuras socioeconómicas mundiales. La financiación de estos organismos puede ser, según los casos, privada, estatal o interestatal.

Uno de estos organismos es el ICES (*International Council for the Exploration of the Sea*), o CIEM (Consejo Internacional para la Exploración del Mar) en su acrónimo castellano, fundado en 1902 y con sede en Copenhague (Dinamarca). Está considerado como la más antigua y prestigiosa organización internacional dedicada al estudio del mar. Su área de competencia abarca el Océano Atlántico y mares adyacentes (exceptuando el Mar Mediterráneo), con especial atención al Atlántico Norte, dividiendo la zona de estudio en distintas divisiones geográficas (Figura 1.10). ICES no es propiamente un organismo regulador, pero cuenta con un Comité Asesor sobre Ordenación Pesquera (CAOP/ACFM) que ofrece información científica, asesoramiento y, en particular, recomendaciones sobre medidas de gestión a otros organismos internacionales, principalmente la Unión Europea y sus estados miembros. España se adhirió al ICES en 1924, siendo su representante el/la Director/a General del Instituto Español de Oceanografía (IEO). Como cada país miembro cuenta con dos delegados en el Consejo que es donde se adoptan las decisiones y normativa del ICES.

Además el personal del IEO participa anualmente de forma activa en distintos Grupos de Trabajo (*Working Groups* o *WGs*) que cubren la mayor parte de las cuestiones concernientes al ecosistema marino. Entre sus objetivos destaca la evaluación de stocks pesqueros, para tratar de conocer su estado de explotación y proporcionar los consejos científicos oportunos encaminados a garantizar la sostenibilidad de los recursos explotados.

1.4.1. Grupo de Trabajo ICES sobre pesquerías de profundidad (ICES WGDEEP)

Las capturas de voraz en aguas atlánticas europeas se integran cada año en la base de datos del Grupo de Trabajo sobre la Biología y Evaluación de los Recursos

Pesqueros de Profundidad (ICES Working Group on the Biology and Assessment of Deep-Sea Fisheries Resources: ICES WGDEEP).



Figura 1.10. Área ICES y sus correspondientes divisiones geográficas.

El Grupo de Trabajo se ocupa por tanto de gran variedad de especies. De ellas pueden distinguirse 10 principales: maruca (*Molva molva*), palo (*Molva dypterygia*), brosmio (*Brosme brosme*), argentinas (*Argentina silus*), reloj anaranjado (*Hoplostethus atlanticus*), granaderos (*Coryphaenoides rupestris*), pez sable negro (*Aphanopus carbo*), voraz (*Pagellus bogaraveo*), brótola (*Phycis blennoides*) y alfonsinos (*Beryx splendens*). Además, también se presenta un capítulo con otras especies acompañantes de las pesquerías de profundidad. Indiscutiblemente, el fin último es la realización de la evaluación de los recursos pesqueros de profundidad en aguas atlánticas de la Unión Europea.

Al ser una especie de reducida distribución mundial, las zonas de pesca del voraz están bien delimitadas. A pesar de su importancia histórica, actualmente sólo flotas artesanales de determinadas localidades de Portugal y España desarrollan pesquerías dirigidas a esta especie.

Desde el inicio de este Grupo de Trabajo, cualquier información acerca del voraz (*P. bogaraveo*) se ha dividido según tres diferentes componentes o áreas de trabajo:

- *P. bogaraveo* de las Divisiones VI, VII y VIII del ICES.
- *P. bogaraveo* de la División X del ICES (Azores).
- *P. bogaraveo* de la División IX del ICES (principalmente Estrecho de Gibraltar).

Conviene aclarar que esta división no presupone la existencia de tres stocks diferenciados, sino que hasta ahora es una herramienta útil a la hora de recoger la información disponible sobre la especie (ICES, 1996; 1998; 2000; 2002; 2004 y 2006). De hecho, movimientos de la especie desde las Divisiones VI, VII y VIII hacia el norte de la División IXa, fueron confirmados en el pasado mediante marcado de ejemplares por Gueguen (1974).

La estima da las capturas desembarcadas de la especie, por División ICES, hasta el año 2003 se presentan en la Tabla I.IV (ICES, 2006).

Divisiones ICES VI, VII y VIII: La pesquería sobre esta especie por la flota de Francia, Gran Bretaña, Portugal y España en las Divisiones VI, VII y VIII del ICES dio lugar a importantes desembarcos en el pasado. En el Reino Unido e Irlanda existía una flota de arrastre, que desde el final de la Segunda Guerra Mundial hasta el inicio de la década de 1960, pescaba voraces alrededor de las Islas Británicas. Posteriormente, las capturas de esta especie dejan de ser importantes (M. Clarke y P. Large, *pers. com.*). En Francia las mayores capturas, procedentes del Golfo de Vizcaya y del Mar Céltico, correspondían a la flota con base en los puertos de Lorient, Concarneau y La Rochelle, durante las décadas de 1960 y 1970. De igual modo que ocurrió con la chopo (*Spondyllosoma cantharus*), el desarrollo de la flota pelágica de arrastre en la segunda mitad de los 70 pudo provocar una sobreexplotación, no tan clara y sin evaluar, de este recurso (Krug, 1994).

Tabla I.IV. ICES WGDEEP: Estimaciones, en toneladas, de desembarcos de *P. bogaraveo*.**Divisiones ICES VI, VII y VIII**

Año	Francia	Irlanda	España	Inglaterra y Gales	Islas del Canal	Total
1988	89	0	138	162	0	389
1989	75	0	303	83	0	461
1990	37	3	353	53	0	446
1991	23	10	154	56	14	257
1992	11	16	137	0	0	164
1993	8	7	182	0	0	197
1994	0	0	140	0	1	141
1995	0	6	115	0	0	121
1996	0	4	47	1	0	52
1997	18	20	7	36	0	81
1998	18	4	93	6	0	121
1999	20	8	84	15	0	127
2000	85	n/a	192	13	0	290
2001	12	11	170	37	0	230
2002	22	0	120	13	0	155
2003	16	0	19	20	0	55

División ICES IX

Año	Portugal	España	Total
1988	370	319	689
1989	260	416	676
1990	166	428	594
1991	109	423	532
1992	166	631	797
1993	235	765	1000
1994	150	854	1004
1995	204	625	829
1996	209	769	978
1997	203	808	1011
1998	357	520	877
1999	265	278	543
2000	83	338	421
2001	97	277	374
2002	111	248	359
2003	142	335	477

Tabla I.IV. (cont.) ICES WGDEEP: Estimaciones, en toneladas, de desembarcos de *P. bogaraveo*.**División ICES X**

Año	Portugal	Total
1988	637	637
1989	924	924
1990	889	889
1991	874	874
1992	1100	1100
1993	830	830
1994	983	983
1995	1115	1115
1996	1052	1052
1997	1012	1012
1998	1119	1119
1999	1222	1222
2000	947	947
2001	1034	1034
2002	1193	1193
2003	1068	1068

Todas las Divisiones ICES

Año	VI+VII+VIII	IX	X	Total
1988	389	689	637	1715
1989	461	676	924	2061
1990	446	594	889	1929
1991	257	532	874	1663
1992	164	797	1100	2061
1993	197	1000	830	2027
1994	141	1004	983	2128
1995	121	829	1115	2065
1996	52	978	1052	2082
1997	81	1011	1012	2104
1998	121	877	1119	2117
1999	127	543	1222	1892
2000	290	421	947	1658
2001	230	374	1034	1728
2002	155	359	1193	1707
2003	55	477	1068	1600

El declive de la pesquería se inició a mediados de los años 70 tras un máximo de desembarcos de 24000 t en 1974, aunque debemos tener en cuenta que esta cifra incluye otras especies del género *Pagellus* e incluso otros espáridos. En el año 1979 se desembarcaron algo más de 7000 t descendiendo esta cantidad hasta las 2100 t obtenidas en 1985. En un primer momento, década 1970, la flota de arrastre española del Cantábrico y Galicia, que faenaba en aguas del Mar Céltico y Golfo de Vizcaya, obtenía importantes capturas de voraz hasta producirse un fuerte descenso de éstas a partir de 1980, por lo que el palangre, principalmente el costero, pasó a ser el arte más importante desde el punto de vista de capturas.

En el WGDEEP se presenta la serie histórica de desembarcos a partir de 1988, ya que, a partir de esta fecha, se considera más fiable que los desembarcos correspondan exclusivamente a *P. bogaraveo*. La tendencia descendente de los desembarcos en estas Divisiones es más o menos continua año tras año. En los años más recientes, éstos han disminuido desde las 461 t desembarcadas en 1989 hasta las 127 t de 1999. En los años 2000 y 2001 se refleja un aumento de las cantidades desembarcadas, para volver a disminuir en los dos últimos años de la serie disponible. La mayoría de estas capturas procede de la flota palangrera, aunque ocasionalmente, también la flota arrastrera realiza desembarcos de esta especie. En el periodo considerado, 1988-2003, la mayor parte de la estima de desembarcos de este área pertenece a España (69%), seguida por Gran Bretaña (16%), Francia (13%) e Irlanda (3%).

Comparando los desembarcos recientes con los obtenidos hace más de veinte años, la situación de la pesquería en estas Divisiones ICES parece continuar en estado de «*quasi colapso*». Lucio (2002) sugiere la posibilidad de que en el colapso de esta pesquería han podido intervenir varios factores con efecto acumulativo, destacando:

- (i) Por un lado, su peculiar biología reproductiva, que hace al voraz especialmente vulnerable, ya que la pesquería se concentraba en la época de puesta dirigiéndose hacia los ejemplares más grandes, principalmente hembras.
- (ii) Por otro lado, el incremento excesivo y no controlado del esfuerzo pesquero, tanto por parte de las artes tradicionales, como por la introducción del arrastre pelágico a partir de mediados de 1980.

- (iii) Además, es posible que haya habido cambios oceanográficos en los últimos quince años en esta parte del Atlántico Nororiental.

División ICES X: Respecto a la División X, Azores, se dispone de información de los desembarcos a partir de 1982. Las cantidades capturadas van desde las 369 t en 1982, hasta el máximo obtenido en 1999 de 1222 t. Pueden identificarse dos periodos a lo largo de la serie histórica obtenida en esta región. Un primer periodo de desarrollo de la pesquería correspondiente a los años 1988-1992, caracterizado por un incremento significativo del esfuerzo pesquero. Posteriormente, de 1993 a 2004, se produce un periodo de especialización en la pesquería, caracterizado por una disminución del esfuerzo pesquero, pero un incremento significativo de las capturas. Todas las capturas las realiza la flota palangrera portuguesa de las Islas Azores.

División ICES IX: La información aportada de la División IX puede dividirse a su vez en tres componentes regionales: Por un lado la pesquería portuguesa y de otro, las pesquerías españolas, al Norte de esta División en aguas gallegas y al Sur de la IXa en el Estrecho de Gibraltar.

En Portugal, esta especie es capturada fundamentalmente por embarcaciones del Norte y centro del país, aumentando en el Sur la proporción de capturas de otros espáridos como el besugo o aligote (*Pagellus acarne*).

El Estrecho de Gibraltar, donde tiene lugar la pesquería objeto de la presente Memoria, huelga cualquier comentario al estar éstos reflejados a lo largo de este Trabajo. Sin embargo, mientras los desembarcos en los puertos del Cantábrico disminuían hasta la práctica desaparición de la pesquería, en el Estrecho de Gibraltar se mostraba una mayor estabilidad, pasando estas capturas a ser mayoritarias (Castro, 1990; Krug, 1994).

1.4.2. Reglamentación pesquera del voraz del Estrecho y de las pesquerías de profundidad europeas

Gracias al trabajo científico, la sociedad tiene la capacidad de ordenar la explotación de los recursos para obtener el máximo beneficio, no sólo inmediato, sino también a largo plazo. Así, la reglamentación debe venir determinada por consideraciones biológicas, económicas y sociales.

Con fecha del 2 de julio de 1998 aparece en el B.O.E. (núm. 157) la Orden de 17 de junio de 1998, por la que se establece un primer plan específico de pesca con el

arte denominado voracera en determinadas zonas del Estrecho de Gibraltar. En éste Plan se detalla el arte autorizado y sus características técnicas, tamaño del anzuelo, talla mínima establecida para la especie en 25 cm y el ámbito de aplicación legislativa. El área de regulación está comprendida entre Punta Camarinal y Punta Europa. En un Anexo se relacionan las embarcaciones autorizadas a la pesca del voraz en el área regulada. Esta lista estaba compuesta por un total de 147 embarcaciones autorizadas, de las cuales 82 tienen puerto base en Tarifa, 46 en Algeciras y 19 en otros puertos.

Posteriormente, con fecha 1 de agosto del 2000 aparece en el B.O.E. (núm. 183) la resolución del 13 de julio del 2000 de la Secretaría General de Pesca Marítima, donde se hace público un censo actualizado de embarcaciones autorizadas a la pesca con arte voracera en la zona de regulación. El número total asciende a 157 embarcaciones: 85 de Tarifa, 45 de Algeciras, 8 de Ceuta y el 19 restante de otros puertos base.

Más recientemente y actualmente en vigor, aparece en el B.O.E. (núm. 313), 31 de diciembre de 2002, la Orden de 20 de diciembre en la que se establece un nuevo plan de pesca para la pesca del voraz en determinadas zonas del Estrecho de Gibraltar. Éste se basa en la experiencia adquirida tras la entrada en vigor de la primera regulación de la pesquería y las recomendaciones del Comité Científico, Técnico y Económico de la Pesca (STEFC) en lo concerniente a las medidas relacionadas con la dimensión de los anzuelos, la talla mínima de las capturas y la reducción del esfuerzo pesquero.

Por último en el B.O.E. (núm. 98) del 25 de abril de 2005, se actualiza, según la resolución de 12 de abril, el censo de embarcaciones autorizadas a la pesca del voraz en la zona regulada por la Orden anterior.

Simultáneamente, en el ámbito autonómico (B.O.J.A. del 25 de septiembre de 1999), la Dirección General de Pesca de la Junta de Andalucía aprobó un Plan de Pesca para la flota voracera que faena en el Estrecho. Éste se aplicó a las embarcaciones relacionadas en el Anexo de la Orden Ministerial del 17 de junio de 1998 con puerto base en la Comunidad Autónoma de Andalucía. Además, también incluía las embarcaciones con puerto base en la Comunidad Autónoma de Andalucía que faenen en el caladero de Marruecos con habitualidad probada en la pesca del voraz con arte voracera, en la zona del Estrecho de Gibraltar correspondiente al área de regulación. Las medidas establecidas tanto en el Plan de Pesca como en la Orden de la Consejería de Agricultura y Pesca del 4 de marzo de 1999, eran de obligado

cumplimiento por parte de los armadores de las embarcaciones voraceras incluidas, así como las Cofradías de Pescadores y Asociaciones de Armadores encuadradas en el ámbito del Plan.

Posteriormente, se publicó la Resolución del 30 de diciembre de 2002 (B.O.J.A. del 22 de enero de 2003) que aprobaba el Plan de Recuperación para el voraz en el litoral andaluz y ordenación de la flota andaluza que opera con la voracera en la zona del Estrecho de Gibraltar para el periodo 2003-2005.

Las medidas incluidas en el Plan de Pesca vigente, adoptadas en aras de la conservación y recuperación del recurso incluyen:

- Ámbito geográfico: La zona del Estrecho de Gibraltar comprendida entre los meridianos de Punta Camarinal y Punta Europa.
- Flota autorizada: Las que tengan puerto base en la Comunidad Autónoma de Andalucía y estén incluidas en la Orden del M.A.P.A. de 20 de diciembre de 2002.
- Características del arte autorizado: El número máximo de voraceras permitido por embarcación será de 30. El tamaño de los anzuelos no podrá ser inferior a 3,95 ($\pm 0,39$) cm de longitud y 1,40 ($\pm 0,14$) cm de anchura del seno. Además se establece un número máximo de anzuelos por barco y día de pesca que va reduciéndose anualmente durante la aplicación del Plan: Tres mil, dos mil ochocientos, dos mil seiscientos y dos mil cuatrocientos anzuelos para los años 2002, 2003, 2004 y 2005, respectivamente.
- Establecimiento de puertos de desembarco: Se establecen como puertos de desembarco y venta de todo el voraz capturado con arte voracera las localidades de Tarifa y Algeciras.
- Reducción del esfuerzo de pesca: El esfuerzo pesquero, en días de trabajo, no sobrepasará los 150 días en el 2003 y 140 días de pesca los años sucesivos.
- Fijación de la jornada de pesca y horario de descanso: Dentro del descanso semanal de 48 horas, se respetará obligatoriamente el domingo. Las embarcaciones voraceras han de realizar su entrada en puerto antes de la puesta de sol.

- Paralización temporal: Establecimiento de un periodo de inactividad pesquera desde el 15 de enero hasta el 31 de marzo, ambos inclusive, durante el periodo de vigencia del Plan.
- Límite de capturas: Está fijado para el periodo de aplicación del Plan en 270 t al año, respetándose en todo caso las cuotas que pueda establecer la Comunidad Europea.
- Talla mínima de desembarco: Establecimiento para el voraz de una talla mínima de 33 cm en la zona del Estrecho comprendida entre Punta Camarinal y Punta Europa y de 25 cm en las aguas interiores del caladero mediterráneo andaluz.
- Zonas de veda: Prohibición total de pesca en las siguientes zonas de crecimiento de la especie: Mar Nueva, Cuatro millas y Vapor.

Además, este plan de Pesca incluye una serie de medidas complementarias entre las que podemos destacar aquellas encaminadas a los distintos criterios para conseguir el ajuste de la flota voracera. Éstas incluyen el fomento del cambio de modalidad, tanto temporal como definitiva, y para el caso de renovación de la flota en los expedientes de nueva construcción, se fomentará únicamente la construcción de aquellas en las que la aportación de sus bajas proceda del censo específico de la modalidad.

En cuanto a la normativa nacional y autonómica vigente cabe reseñar que, al ser el voraz una de las especies sometida a medidas de protección diferenciadas, las embarcaciones dedicadas a la pesca marítima de recreo deben disponer de una autorización de la Secretaria General de Pesca Marítima y/o de la Dirección General de Pesca y Acuicultura para la captura de esta especie en el ámbito geográfico de aplicación del Plan de Recuperación.

La política comunitaria de gestión de los recursos pesqueros comenzó a prepararse a partir de 1977 y, tras una larga gestación, vio finalmente la luz en 1983 al aprobarse el primer Reglamento de gestión. Éste establecía el régimen de Total Autorizado de Capturas (TACs: *Total Available Catches*) y cuotas que hoy todavía constituye la piedra angular de la gestión de los recursos pesqueros comunitarios. La gestión de cada especie presenta características particulares por lo que no existen estrategias de gestión únicas. En cada caso la estrategia de gestión debe encontrar una combinación adecuada entre los preceptos de «no pescar demasiados peces» y «no

pescar peces pequeños». Los instrumentos comunitarios de gestión pesquera no son sino el desarrollo de estos dos preceptos.

En cuanto a las pesquerías de profundidad y en respuesta a la preocupación del Consejo y Comisión Europeas, por primera vez se propusieron limitaciones en las capturas para distintas especies, entre las que se incluye el voraz, en diciembre del 2002. Así el Reglamento 2340/2002 (D.O.C.E. del 31 de diciembre de 2002) estableció las posibilidades de pesca para el año 2003 y 2004 (TACs y cuotas) a cada uno de los estados miembros que explotan estas pesquerías, en conformidad con los acuerdos internacionales relativos al enfoque de precaución y la explotación sostenible de los recursos pesqueros. En lo referente al voraz, se propuso un TAC total de 1271 t para la División IX de ICES (parte de costa gallega, portuguesa y Golfo de Cádiz), correspondiendo 1000 de éstas a España. Por otro lado, como primer paso hacia la adopción de medidas de gestión del esfuerzo pesquero ejercido sobre las especies de profundidad, el Reglamento 2347/2002 (D.O.C.E. del 28 de diciembre de 2002) establecía modalidades de acceso para la pesca realizada en aguas profundas otorgando permisos de pesca en alta mar.

Actualmente, las pesquerías de profundidad siguen sometidas a regulación comunitaria modificándose la legislación anterior por medio del Reglamento 2269/2004 (D.O.C.E. del 20 de diciembre de 2004) y actualizándose el concerniente a los TACs mediante el Reglamento 2270/2004 (D.O.C.E. del 22 de diciembre de 2004).

El primero es una consecuencia directa de la adhesión de nuevos países a la Unión Europea en el año 2004 para permitir la aplicación de los Reglamentos anteriores a las Repúblicas Checa y Eslovaca, de Estonia, de Letonia, de Lituania, de Chipre, de Hungría, de Malta, de Polonia y de Eslovenia.

El segundo fija para 2005 y 2006 las posibilidades de pesca de los buques pesqueros comunitarios para determinadas poblaciones de peces de aguas profundas. En éste, se determina un TAC total de 1080 t para la División IX de ICES, de los que 850 corresponden a España. Sin embargo, esta cuota de captura española, para la costa atlántica gallega y Golfo de Cádiz, supera el promedio de las capturas reales obtenidas en los últimos años. Esta circunstancia sugiere una adecuación del TAC propuesto hacia cantidades más cercanas a la situación actual (máximo de 300 t) en lo que se refiere a la pesquería del voraz que se lleva a cabo en el Estrecho de Gibraltar.



2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS PLANTEADA

Piensa global, actúa local.

2.1. OBJETIVOS

La presente Memoria de Tesis Doctoral trata de ofrecer una visión de la biología y pesca del voraz [*Pagellus bogaraveo* (Brünnich, 1768)] en el Estrecho de Gibraltar. Una correcta evaluación y ordenación de un recurso marino explotado pasa por la aplicación de las metodologías al uso que mejor se adapten a las peculiaridades de la pesquería. Para alcanzar este punto es imprescindible analizar, tanto los datos procedentes de la flota que explota el recurso, como las características biológicas de la especie explotada.

En función de estos diferentes aspectos, biológico–pesqueros, podrán definirse una serie de objetivos específicos a través de los cuales trataremos de alcanzar el objetivo general inicialmente propuesto.

- Conocimiento del esquema de explotación de la especie en el área de estudio: Flota y arte utilizado que ejerce la actividad pesquera, elección de la unidad de esfuerzo pesquero, volumen y composición de tallas de la captura obtenida a lo largo de la serie histórica de datos.
- Estudio de aquellos aspectos de la biología de la especie explotada: Especial hincapié en aquellos parámetros (reproducción y crecimiento) requeridos para la aplicación de Modelos Análíticos de Evaluación (APV) y de Proyecciones de Captura a corto y largo plazo (Y/R).

En cuanto al crecimiento:

Determinación de la edad y parámetros de crecimiento mediante la lectura de otolitos y experiencias de marcado-recaptura.

En cuanto a la reproducción:

Determinación de la proporción de sexos por clase de talla.

Descripción de las etapas de desarrollo gonadal.

Estimación de la época de desove mediante técnicas visuales e índices gonadasomáticos (IGS).

- Distribución espacial del recurso a fin de poder, o no, identificarlo como una unidad de gestión: Establecimiento de posibles pautas de comportamiento migratorio relacionadas con el ciclo vital de la especie.

- Alcanzados los objetivos anteriores, estaremos en disposición de realizar un ejercicio de evaluación analítica (APV) para obtener un conocimiento del estado actual del stock explotado.
- A partir del conocimiento del estado actual del recurso pueden ensayarse estimas de respuesta de éste ante posibles cambios en el esquema de explotación. De esta forma podrán sugerirse posibles medidas de ordenación de la pesquería, que dentro de la incertidumbre inherente al propio recurso, aseguren la sostenibilidad de éste.

2.2. HIPÓTESIS

El concepto de inagotabilidad de los recursos pesqueros ha cambiado mucho en las últimas décadas. La pesca es un recurso autorrenovable, pero esta característica puede verse seriamente condicionada cuando distintos factores pueden alterar la ecología de poblaciones marinas de tal manera que pueden poner en peligro la propia sostenibilidad del recurso. Uno de estos factores puede ser la propia actividad pesquera, que llegado a un nivel puede dañar la capacidad de renovación del stock explotado. El resultado de estas situaciones de sobrepesca será la obtención de una captura inferior a la que podría lograrse con una intensidad y forma de explotación racional.

El conocimiento de la biología del voraz (*Pagellus bogaraveo*) del Estrecho de Gibraltar, en sus aspectos de reproducción y crecimiento, junto con los datos procedentes de la actividad pesquera ejercida permitirán acometer la evaluación del estado del recurso.

Los resultados obtenidos deberían permitir, dentro de la incertidumbre asociada a toda ciencia ambiental, sugerir medidas de ordenación sobre la pesquería, tratando de asegurar el óptimo rendimiento de ésta con el consiguiente beneficio social y económico de las localidades implicadas en la pesquería.

A full-page background image of a beach. The top half shows a clear, light blue sky. Below the sky is a calm, deep blue ocean that meets a pale, hazy horizon. The bottom third of the image shows a sandy beach with some darker, wet patches of sand, suggesting a low tide or recent waves. The overall mood is peaceful and serene.

3. LA PESQUERÍA

Amanece en la proa del pesquero....
Álvaro Tato

3.1. INTRODUCCIÓN

El análisis de la pesquería del voraz desarrollada en el Estrecho de Gibraltar requiere de toda aquella información disponible, en términos de captura y del esfuerzo pesquero empleado para su obtención. Ciertamente, ésta constituye la plataforma a partir de la cual se acometen las evaluaciones sobre el estado de las pesquerías. Problemas en la calidad de los datos de entrada requeridos en los modelos de evaluación pueden originar, más a menudo de lo deseable, discrepancias retrospectivas entre las estimas del tamaño de la población y la mortalidad pesquera a la que ésta se somete. Es obvio que diferencias entre lo estimado y lo observado no constituyen el mejor camino para el establecimiento de una gestión pesquera eficaz y, a su vez, otorgan poca credibilidad de la comunidad científica ante los gestores responsables de ésta.

Desde 1982 el Instituto Español de Oceanografía (IEO) tiene establecido un sistema de recopilación de estadísticas pesqueras y muestreos de tallas de especies de interés comercial denominada Red de Información y Muestreo (RIM). Dentro del área ICES (*International Council for the Exploration of the Sea*) que comprende a las aguas atlántico europeas, esta red comenzó a funcionar en la zona del Cantábrico y el Noroeste de la Península Ibérica, y se amplió a la zona del Golfo de Cádiz en 1994. Su propósito es disponer de un censo completo de los desembarcos mensuales realizados por la flota española por especie objetivo, Divisiones o Subdivisiones ICES, artes y puertos de desembarco. Los datos que se obtienen, y por tanto de los que se dispone en la base de datos pesqueros del área ICES, son los siguientes:

- Captura⁽²⁾ mensual por puerto, arte y división estadística ICES de las principales especies desembarcadas en el litoral español, desde 1982.

⁽²⁾**Captura:** Es frecuente «discutir» sobre el significado real y uso apropiado del término captura o desembarco. En sentido estricto cabe diferenciar varias acepciones:

Captura bruta: Peso vivo total de los ejemplares capturados. Por tanto ha de ser tenido en cuenta tanto el descarte como lo apartado para consumo propio.

Captura nominal: Peso vivo equivalente a los productos desembarcados. Muy diferente en aquellas especies que llegan a puerto tras sufrir un procesamiento previo a bordo: eviscerado, fileteado... La captura ha de estimarse mediante el uso de factores de conversión apropiados.

Desembarcos: Peso de la mercancía traída a tierra.

Durante el desarrollo de esta Memoria se obviarán tales diferencias semánticas y tal vez, utilicemos los términos indistintamente. Se entiende, por lo tanto, que hablamos del mismo hecho refiriéndonos a la cantidad, en peso, que pasa por lonja al ser el dato reflejado en las estadísticas oficiales. De cualquier manera, en nuestro caso, carece de la mayor importancia al considerarse prácticamente inexistente el descarte y desembarcarse la captura sin procesar.

- Distribuciones de tallas de las especies objeto de evaluación por trimestre, arte y división estadística de ICES.
- Esfuerzo pesquero mensual por puerto, arte y división estadística ICES.
- CPUE (Captura Por Unidad de Esfuerzo) mensual por especie, puerto, arte y división estadística ICES.
- Número de muestreos realizados por la RIM, número de ejemplares, peso de la muestra y de la captura muestreada por especie, división estadística ICES, arte y puerto.
- Características técnicas de toda la flota que opera en el área ICES.

En definitiva, el objetivo ha sido y es minimizar el tiempo y los esfuerzos dedicados a la recogida de la información, a favor de aumentar los de su análisis, con el fin de aumentar la calidad de la información empleada en la evaluación de los stocks explotados (Punzón *et al.*, 2000).

A partir del año 2003, con la implantación de la nueva normativa comunitaria referente a la Política Pesquera Común, los datos pesqueros se integran en el Plan Nacional de Datos (Reglamentos CE 1453/2000 y 1639/2001). Según este Documento, los datos biológicos se compilan en el Instituto Español de Oceanografía, quien los procesa y pone a disposición del organismo responsable nacional, la Secretaría General de Pesca Marítima (SGPM).

Desde 1994 los desembarcos realizados en el puerto de Tarifa estaban incluidos en la RIM. Posteriormente, a partir de 1997, con el inicio de un seguimiento más detallado de la pesquería se incorporaron los puertos de Algeciras y Ceuta, y además se recopiló información de los años anteriores. De esta manera disponemos de datos relativos a:

- Número mensual de barcos que han faenado con el arte de la voracera.
- Desembarcos mensuales por puerto.
- Fecha y número de ventas mensuales realizadas en la lonja de Tarifa y Algeciras como aproximación al número de mareas de pesca.
- Distribución de tallas de la captura desembarcada en Tarifa y Algeciras.

Por lo tanto, para el desarrollo de este Capítulo, examinaremos la información disponible en los tres puertos de desembarco de la flota voracera que faena en el Estrecho de Gibraltar: Tarifa, Algeciras y Ceuta. Esta información hace referencia a la actividad pesquera comercial desarrollada en el área de estudio desde la fecha estimada como inicio de la pesquería, 1983, hasta el año 2003.

3.2. MATERIAL Y MÉTODOS

Tras una fase preliminar de recogida y recopilación de la información procedente de la pesquería del voraz, se procedió a la informatización y exploración de la misma, con el fin de detectar errores y proceder a su corrección, para así completar e ir actualizando la base de datos de la pesquería mediante un proceso rutinario. Como hemos comentado anteriormente, la información mensual recopilada está referida en términos de flota, captura, esfuerzo y distribución de frecuencia de tallas de la captura.

Debido a que la cantidad y calidad de la información disponible es diferente según el puerto de descarga y/o periodo de tiempo, organizaremos este apartado metodológico por puerto de desembarco.

3.2.1. Tarifa

Sin duda alguna, la información procedente del puerto de Tarifa puede considerarse como la más importante, tanto en volumen de capturas como en calidad de los datos. Esta localidad es puerto base de gran parte de la flota voracera y el principal punto de desembarco y primera venta de la especie objetivo de la pesquería.

La información ha sido obtenida gracias a la estrecha colaboración de la Cofradía de Pescadores y el personal contratado por la RIM del IEO en esta localidad.

Flota

Durante el periodo de 1983, inicio de la pesquería, hasta 1995 los desembarcos de voraz del Estrecho de Gibraltar se comercializaban exclusivamente en la lonja de esta localidad. A partir de 1995, la flota Algecireña comenzó a desembarcar y vender sus capturas en su puerto base, y no sólo en Tarifa como hasta entonces. Por este motivo, el análisis de la flota se ha de realizar necesariamente a partir del número mensual de barcos que han faenado con el arte de la voracera y han vendido su captura en la Lonja de Tarifa, aunque teniendo en cuenta su puerto base. Esta diferenciación se viene realizando desde el año 1997, gracias al seguimiento de la pesquería iniciado por el IEO. La estimación del número mensual de embarcaciones que habían faenado en años anteriores se ha obtenido a partir de las hojas resumen mensuales, almacenadas en la Cofradía de Pescadores de Tarifa. En estas hojas,

están registrados los barcos que han efectuado alguna venta en esta localidad, así como el puerto base de cada uno de ellos.

Captura. Categorías comerciales

Se ha obtenido, para todo el periodo de estudio y con carácter mensual, el volumen de las capturas de voraz desembarcadas en el puerto de Tarifa por categoría comercial.

A este respecto conviene aclarar que los cambios en el número y rango de peso de cada categoría que han tenido lugar a lo largo de la historia de esta pesquería obedecen a razones estrictamente de mercado (Tabla III.I)

Tabla III.I. Puerto de Tarifa. Categorías comerciales del voraz. Clasificación según el peso de los ejemplares capturados.

1983-1990	1990-1999	1999-2003
	Pequeño (<500 g)	Pequeño (350-550 g)
Pequeño (<700 g)	Mediano (500-800 g)	Mediano (550-850 g)
Tamaño (700-1500 g)	Tamaño (800-1400 g)	Tamaño (850-1300 g)
Burro (>1500 g)	Burro (>1400 g)	Burro (>1300 g)

A partir de 1997, la fuente de información viene siendo el censo de las hojas de venta de la Lonja de esta localidad. A partir de 1999, con la introducción del Programa IDAPES de la Junta de Andalucía, disponemos también de información adicional que nos permite contrastar nuestros datos.

La captura total de los años precedentes, 1983-1996, se obtuvo a partir de las hojas resumen de desembarcos mensuales de la Cofradía de Pescadores de Tarifa. La distribución de la captura total por categoría comercial se realizó mediante un muestreo aleatorio de las hojas de venta: La asignación de la captura total por captura comercial se realizó mediante la ponderación de la obtenida a partir de 50 mareas mensuales seleccionadas al azar.

Esfuerzo pesquero. Estimación de un primer índice de abundancia. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE)

El esfuerzo pesquero es un concepto básico en la Biología Pesquera, fácil de entender pero complejo de cuantificar. Los pescadores utilizan unos recursos materiales y económicos para obtener la captura, que a su vez implican un gasto de tiempo y energía (Guerra y Sánchez, 1998). Sin embargo, ¿es posible cuantificar dicho gasto con las implicaciones que éste conlleva? Estas implicaciones incluyen el número y características técnicas de los barcos que actúan en la pesquería, las peculiaridades de los artes de pesca empleados, la duración de las faenas de pesca, e incluso, la propia pericia del patrón, ya que todo ello debe influir necesariamente en la eficiencia de pesca.

Así las cosas, pueden diferenciarse dos tipos de esfuerzo:

- Esfuerzo nominal: cuando la unidad de esfuerzo se toma sin considerar diferencias en la eficiencia. Es el reflejado en la estadística básica de una pesquería.
- Esfuerzo efectivo: si la unidad de esfuerzo seleccionada es proporcional a la tasa instantánea de mortalidad por pesca (F). Es el resultado del producto del poder de pesca y el tiempo de ésta.

El esfuerzo debe ser un fiel reflejo de la mortalidad pesquera (F), proceso por el que se eliminan individuos (captura + descarte) a causa de la actividad pesquera, definida por la siguiente ecuación:

$$F = q \cdot f$$

donde q es la capturabilidad y f el esfuerzo pesquero.

En nuestro caso hemos optado por recopilar información sobre distintas unidades de esfuerzo, para así poder elegir la que consideremos más apropiada.

La primera unidad de esfuerzo a tener en cuenta, podría ser el número de barcos que ejercen la actividad pesquera. Sin embargo, debido a las especiales características del área donde se desarrolla la pesquería, es interesante también poder cuantificar el número de días hábiles, en un sentido pesquero del término, es

decir ¿cuántos días sale la flota a faenar? Esta información se ha obtenido a partir del análisis de las hojas de venta de la Cofradía de Pescadores de Tarifa. Así, desde 1983, conocemos cuantos días al mes ha habido venta de voraces en la Lonja y por lo tanto, los días que la flota ha salido a la mar. Esta cantidad mensual de ventas puede considerarse por si misma otra unidad de esfuerzo, al ser una aproximación al número de mareas de pesca realizadas.

Por último, una unidad de esfuerzo combinada resultaría del producto del número mensual de barcos y el número de días que han salido a faenar.

El cociente de la captura en peso y el esfuerzo ejercido por una flota en una determinada pesquería, se denomina Captura Por Unidad de Esfuerzo (CPUE o U). En función de las unidades en que se midan las capturas y el esfuerzo pesquero, tendremos diversas unidades para expresar la CPUE.

Por sí solos los datos de CPUE contienen información sobre el tamaño relativo del stock. Según Gulland (1988), la desventaja del uso de CPUEs comerciales es la dificultad de garantizar la constancia de la capturabilidad (requerimiento esencial para que la CPUE sea un índice válido del tamaño del stock) a lo largo del periodo de tiempo analizado.

A pesar de presentar algunos inconvenientes, que serán discutidos más adelante, la unidad de esfuerzo seleccionada para desarrollar este trabajo ha sido el número de ventas, como una aproximación al número de mareas. De esta forma, la CPUE de la flota voracera se estima a partir de la relación:

$$CPUE = \sum Captura(kg) / \sum N^{\circ} ventas$$

Composición por tallas de la captura

La composición por tallas de la captura comercial constituye otra información primordial a la hora de acometer la evaluación de poblaciones explotadas. Las distribuciones de talla proceden, generalmente, de los datos obtenidos de muestreos regulares en los principales lugares de desembarco de la especie.

Desde 1997, el puerto de Tarifa está incluido en la Red de Información y Muestreo del IEO. Dos veces al mes se miden⁽³⁾ de forma aleatoria, al centímetro inferior, ejemplares procedentes de cada una de las categorías comerciales desembarcadas. La distribución de frecuencias de tallas de la captura, por categoría y total, se estima a partir de estos muestreos.

Para obtener las distribuciones de tallas de los desembarcos anteriores a los muestreos regulares, periodo 1983-1997, se crearon distribuciones estándar de tallas (una por cada categoría comercial) y se aplicaron a la captura total anual, distribuida también, según estas categorías.

Por este motivo y debido al cambio de clasificación de las categorías comerciales ocurrido a finales de 1989, las distribuciones de tallas de estos primeros años sólo deben tomarse con carácter informativo, por constituir una aproximación a la composición real en talla de las capturas.

3.2.2. Algeciras

Flota

Hasta 1995, la flota algecireña vendía sus capturas en el puerto de Tarifa. Por este motivo, la información del número de unidades operativas se obtuvo a partir de las hojas resumen mensuales de las ventas efectuadas en la lonja de esta localidad. Posteriormente, la cuantificación de los barcos se efectuó en base a las hojas de venta de la Lonja de Algeciras.

⁽³⁾**Medición de peces óseos:** Generalmente las mediciones de longitud total se toman colocando el pez sobre su costado derecho, con el morro hacia la izquierda, sobre un ictiómetro. El Consejo Internacional para la Exploración del Mar (CIEM-ICES) y la Comisión Internacional de Pesquerías del Atlántico Noroeste (CIPAN-NAFO) en su reunión sobre muestreos llevada a cabo en 1965, recomendaron que la dimensión de la longitud a medir para todas las especies (excepto atunes y salmónidos), para las cuales se proporcionan los datos de la composición por tallas a las dos Comisiones, debería ser la longitud total. Esta ha sido definida como la dimensión máxima medida alineando el lóbulo más largo de la aleta caudal con el eje medio del pez (longitud total máxima). Esta norma es seguida por la mayoría de las pesquerías del Atlántico Norte. Se recomienda el empleo del sistema métrico decimal para todas las medidas de longitud. La unidad de medida es generalmente de 1 cm para las especies que desarrollan más de 30 cm (Anon., 1982).

Captura. Categorías comerciales

En referencia a la información disponible de este puerto, hay que reseñar que, dada la inexistencia de hojas de venta correspondientes a 1995, las capturas estimadas corresponden a ponderaciones realizadas basándonos en el número de barcos que abandonan el puerto de Tarifa como lugar de venta, y la información de los barcos de Algeciras que, en dicho año, permanecen desembarcando en el puerto de Tarifa. Para el año 1996 se dispone de una información parcial a partir de las hojas de venta proporcionadas por la Cofradía de Pescadores de Algeciras, a partir de las cuales se pondera la captura total. A partir de 1997, la información recogida corresponde a la captura total, por categoría comercial, desembarcada por la flota voracera en dicho puerto procedente del censo de las hojas de venta de la Lonja de esta localidad.

Las categorías comerciales del puerto de Algeciras, Tabla III.II, coinciden casi plenamente con las de Tarifa. La única salvedad es que al inicio de los desembarcos en este puerto y hasta la implantación del primer Plan de Pesca sobre la pesquería (B.O.E. 1998 y B.O.J.A. 1999) hay que añadir en este puerto una nueva categoría comercial, *pepes*, de ejemplares menores de 250 g, que sólo se comercializaban en la Lonja de Algeciras.

Tabla III.II. Puerto de Algeciras. Categorías comerciales del voraz. Clasificación según el peso de los ejemplares capturados.

1995-1999	1999-2003
Pepes (<250 g)	
Pequeño (250-500 g)	Pequeño (350-550 g)
Mediano (500-800 g)	Mediano (550-850 g)
Tamaño (800-1400 g)	Tamaño (850-1300 g)
Burro (>1400 g)	Burro (>1300 g)

Esfuerzo pesquero. Estimación de un primer índice de abundancia (CPUE)

Del mismo modo que en el puerto de Tarifa, se dispone de las mismas cuatro unidades de esfuerzo posibles. La información procede de las hojas de venta de la Cofradía de Pescadores de Algeciras. La unidad de esfuerzo seleccionada es también

el número de ventas, por lo que la CPUE se calcula de la misma forma que en el puerto de Tarifa.

$$CPUE = \sum Captura(kg) / \sum N^{\circ} ventas$$

Composición de tallas de la captura

Desde 1997 en adelante, las distribuciones mensuales de frecuencias de tallas por categoría comercial obtenidas en el puerto de Tarifa, se ponderaron a la captura de Algeciras, también por categorías, a fin de estimar la composición de tallas de la captura de esta localidad. Para los años precedentes, 1995 y 1996, se utilizó el mismo procedimiento que en Tarifa: A partir de las distribuciones estándar de cada categoría comercial se obtuvo la correspondiente composición en tallas de la captura total de cada categoría. Del mismo modo, para obtener la distribución de tallas de la categoría menores de 250 g (*pepes*), se compuso una distribución estándar a partir de los muestreos biológicos realizados sobre ejemplares de esta categoría.

3.2.3. Ceuta

La Cofradía de Pescadores de la localidad de Ceuta nos ha suministrado, con carácter mensual, los desembarcos totales de voraces desde 1987 hasta el 2003. Lamentablemente, ésta es la única información disponible de esta localidad hasta el momento. De cualquier manera, el bajo, casi testimonial, volumen de capturas obtenido por la flota de esta localidad, no debe afectar a las conclusiones de este trabajo.

Debido a su carácter testimonial y a la escasez de información disponible, en este puerto no se han realizado estimas de CPUE ni composición de las tallas desembarcadas.

3.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.3.1. La flota

Durante los años 1960 y 1970 la flota tarifeña estaba dedicada básicamente a la captura de especies pelágicas: Sardina, caballa y melva, destinadas al abastecimiento de la industria conservera de esta localidad. Además, también existían unidades artesanales con arte de trasmallo y nasas. A partir de 1983 fueron desapareciendo la mayoría de las traíñas que ocupaban a los pescadores de Tarifa debido a las limitaciones impuestas por Marruecos, y se produjo entonces la expansión de la flota voracera que vislumbró en este recurso una alternativa a su actividad tradicional (García del Hoyo *et al.*, 2001).

Así en 1983, fecha considerada como inicio de la explotación pesquera del recurso, la flota estaba compuesta por un total de 25 barcos que desembarcaban las capturas obtenidas en el puerto de Tarifa: 18 con puerto base en Tarifa y los 7 restantes con puerto base en Algeciras. Sabemos que hay un número indeterminado de barcos de Ceuta que lleva faenando incluso desde antes de 1983, pero debido a la falta de datos disponibles, la cuantificación de la flota ceutí sólo se contempla a partir de 1987.

La Figura 3.1 muestra la evolución anual del promedio del número de barcos que componen la flota voracera que faena en el Estrecho de Gibraltar. Como ya hemos comentado anteriormente, esta flota tiene sus puertos base en las localidades de Tarifa, Algeciras y Ceuta.

Con el desarrollo de la pesquería se produce un progresivo incremento de las unidades operativas hasta alcanzar un máximo de 129 barcos en el año 1994. De éstos, 83 son de Tarifa, 26 de Algeciras y los 20 restantes de Ceuta. La flota ceutí se ha estimado en un número aproximado de 20 barcos hasta el año 1995, cuando parte de ella fue vendida a armadores de la península. Como señalan García del Hoyo *et al.* (2001), el incremento de las unidades operativas se produjo a partir de la reconversión masiva de antiguas embarcaciones artesanales, que instalan equipos adecuados y la adquisición de barcos de otros puntos del litoral andaluz.

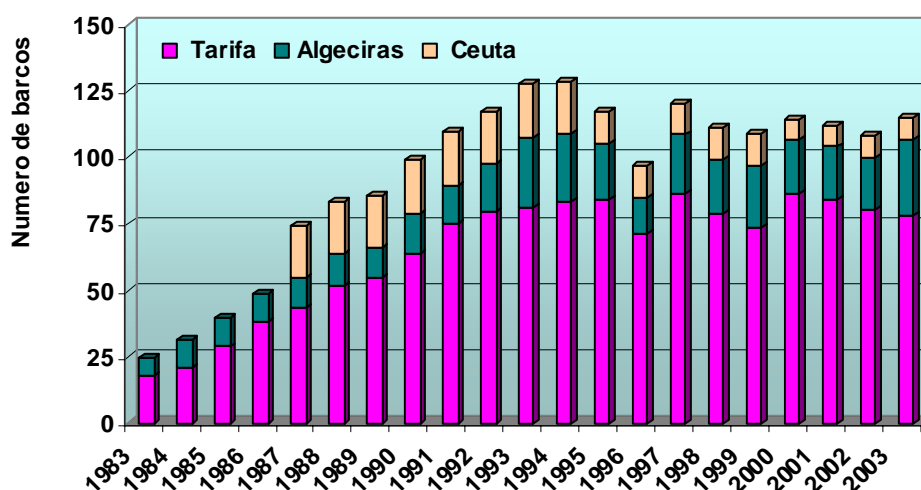


Figura 3.1. Flota voracera. Evolución anual del número de unidades según su puerto base (1983-2003).

A partir de 1994, la flota parece estabilizarse en un promedio cercano a las 110 embarcaciones. Por tanto, sin incluir la flota ceutí, actualmente constituida por aproximadamente una docena de embarcaciones, el número de embarcaciones voraceras que faena en el Estrecho de Gibraltar permanecería próximo al centenar en los últimos años.

En un contexto legal, en la Orden del B.O.E. del 17 de junio de 1998, aparece una relación de 147 embarcaciones autorizadas a ejercer la pesca del voraz en un área de regulación determinada comprendida entre Punta Europa y Punta Camarinal. De estos barcos, 82 tienen puerto base en Tarifa, 46 en Algeciras y 19 corresponden a otros puertos base. En esta primera lista todavía no aparece ningún barco con puerto base en Ceuta, tal vez por encontrarse los caladeros próximos a su bahía, donde habitualmente faena este segmento de la flota voracera fuera del ámbito de aplicación de la citada Orden. Posteriormente, con fecha 1 de agosto de 2000, aparece en el B.O.E. la resolución del 13 de julio de 2000 de la Secretaría General de Pesca Marítima (SGPM), donde se hace público un nuevo censo de embarcaciones autorizadas a la pesca con arte de voracera en el área de regulación, actualizado con fecha 15 de junio de 2000. En este censo, con la incorporación de las embarcaciones con puerto base en Ceuta, el número asciende a 157 embarcaciones: 85 de Tarifa, 45 de Algeciras, 8 de Ceuta y el 19 restante de otros puertos base.

Un rápido contraste entre ambas listas de embarcaciones autorizadas aporta la siguiente información: De los 147 barcos autorizados en el año 1998 pasamos a 157 incluidos en el año 2000. Este año debe destacarse la incorporación de 8 barcos ceutíes, de los cuales 7 son altas en la lista y el otro es una embarcación, ya presente en el censo de 1998, que ha cambiado su puerto base, de Algeciras a Ceuta. En esta actualización han causado baja un total de 15 embarcaciones respecto a la lista de 1998: 8 de Algeciras, 4 de Tarifa, 1 de la Línea y 2 de otros puertos base. Sin embargo, aparecen 25 nuevas incorporaciones con 7 barcos de Tarifa, otros 7 de Ceuta, 5 de Algeciras, 2 de La Línea y las 4 altas restantes pertenecientes a otros puertos.

En posteriores censos, y en el Plan de Pesca vigente (B.O.E. 2002) aparecen 145 embarcaciones autorizadas, de las que 8 son buques dados de baja provisional en el censo de flota operativa de la SGPM. De la lista del año 2000 han causado baja 8 y hay una nueva alta.

Es innegable que la lista de embarcaciones autorizadas no refleja la flota real que faena en el área de regulación. Esta sobreestimación legal resulta contradictoria por lo que, a efectos de gestión pesquera, la lista de embarcaciones autorizadas no parece una medida demasiado eficaz.

La flota artesanal que opera en la Región Suratlántica Española representa el 76% del total de la flota demersal, y está compuesta por pequeñas embarcaciones cuyas características técnicas medias son: 7,7 metros de eslora, 5 toneladas de registro bruto y 58 caballos de potencia (Sobrino *et al.*, 1994). En este marco artesanal la flota voracera constituye un grupo de barcos bien definido, componente de flota⁽⁴⁾, tanto por sus características técnicas como por los tipos de marea⁽⁵⁾ de pesca que desempeñan (Silva *et al.*, 2002).

⁽⁴⁾**Componente de flota:** Grupo de embarcaciones que presentan un patrón de pesca similar a lo largo de un año y desarrollan, por tanto, las mismas estrategias de pesca (Silva *et al.*, 2002).

⁽⁵⁾**Tipos de marea:** Caracterización de las mareas de pesca empleando técnicas de análisis multivariante, Análisis de Cluster, a partir de la composición específica media de sus capturas. Murawski *et al.* (1983) fueron precursores en esta agrupación de desembarcos, mareas de pesca, según su composición específica al aplicarlo en las pesquerías de arrastre de la costa noroccidental de los E.E.U.U.

En la Tabla III.III se detallan las características técnicas medias, eslora y T.R.B., de los barcos voraceros presentes en la lista de embarcaciones autorizadas.

Tabla III.III. Eslora y T.R.B. medios de la flota voracera, en los puertos base considerados.

Puerto Base	Eslora	T.R.B.
Tarifa	8,95	5,84
Algeciras	6,52	4,00
Otros	10,80	7,20

La flota de Tarifa presenta mayores dimensiones que la de Algeciras, aunque los barcos más grandes corresponden a la flota de otras localidades que, aunque están autorizados, realmente no faenan como voraceras. En la Figura 3.2 se presentan los histogramas del tonelaje de registro bruto (T.R.B.) de la flota voracera de Tarifa y Algeciras.

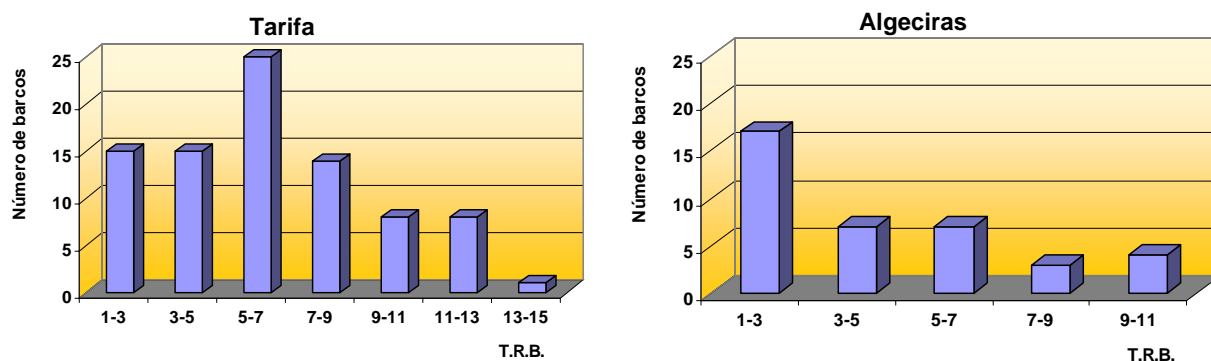


Figura 3.2. Histogramas de frecuencia de T.R.B. de la flota voracera de Tarifa y Algeciras.

La mayor parte de los barcos con puerto base en Tarifa desplazan mayor tonelaje que los de la localidad de Algeciras. El valor de T.R.B. más repetido en la flota de Tarifa es de 6 toneladas mientras que en Algeciras es de 2 toneladas.

3.3.2. Las capturas: Categorías comerciales de los desembarcos

Los barcos y artes de pesca se adaptan a las diferentes condiciones de vida de las especies objetivo de su captura, y la naturaleza del medio marino es causa directa de la variedad, o no, específica de estas capturas. En general, las pesquerías artesanales presentan un marcado carácter multi-arte y multi-especie. Pero toda generalización tiene su excepción y, en el caso de las pesquerías artesanales de la región suratlántica española, ésta es la pesquería del voraz. La importancia de esta especie demersal está claramente reflejada, tanto por el volumen de sus capturas, como por su elevado rendimiento económico.

En la Figura 3.3 se muestra la composición específica de las capturas desembarcadas por la flota voracera de Tarifa. La importancia relativa (en porcentaje) de cada especie se ha obtenido a partir del promedio, por especie, de los desembarcos durante el periodo 1993-2003. Queda patente la baja diversidad específica de la pesquería y, lo que es más importante, el sobresaliente predominio de la especie objetivo. El trozo más grande del pastel, nunca mejor dicho, es para el voraz, que representa casi 2/3 de la captura total de la flota voracera, siendo indiscutiblemente, la especie objetivo de esta pesquería.

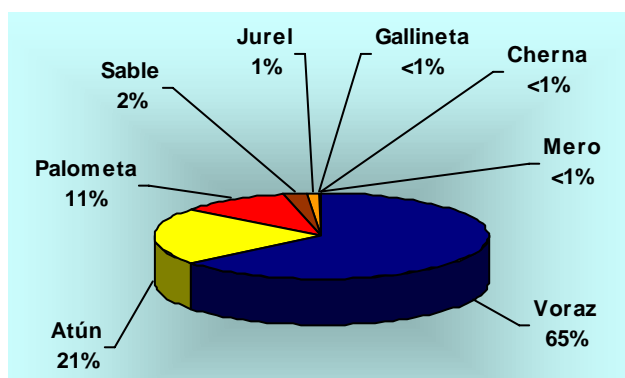


Figura 3.3. Flota voracera tarifeña: Composición específica, en porcentaje, de la captura (1993-2003).

Podríamos considerar la captura desembarcada de voraz como captura total al no existir descarte de la especie objetivo. Los descartes de la flota voracera corresponden sólo a las especies acompañantes, principalmente gallinetas de pequeño tamaño.

La Figura 3.4 muestra la evolución anual de las capturas totales de voraz del Estrecho de Gibraltar en los tres puertos de desembarco. El volumen de capturas desembarcada en el puerto de Ceuta es prácticamente insignificante respecto a la desembarcada en Tarifa y Algeciras. De hecho, el promedio de la captura vendida en esta localidad, supone menos del 4% del total. Por ello, esperamos que la ausencia, en este puerto, de información pesquera más detallada, no afecte significativamente las conclusiones de esta Memoria.

Al inicio de la pesquería se capturaron y vendieron 100 t de voraces en la Lonja de Tarifa. Con el paso de los años las capturas sufren un paulatino incremento hasta alcanzar su máximo histórico en el año 1994, 877 t. Es a partir de entonces, salvo para los años 1996 y 1997, cuando la tendencia se invierte y comienza el declive de las capturas obtenidas hasta llegar a los valores críticos de los últimos años. La captura desembarcada durante los tres últimos años de estudio, 1999-2003, parece estabilizarse en torno a las 250 t de promedio.

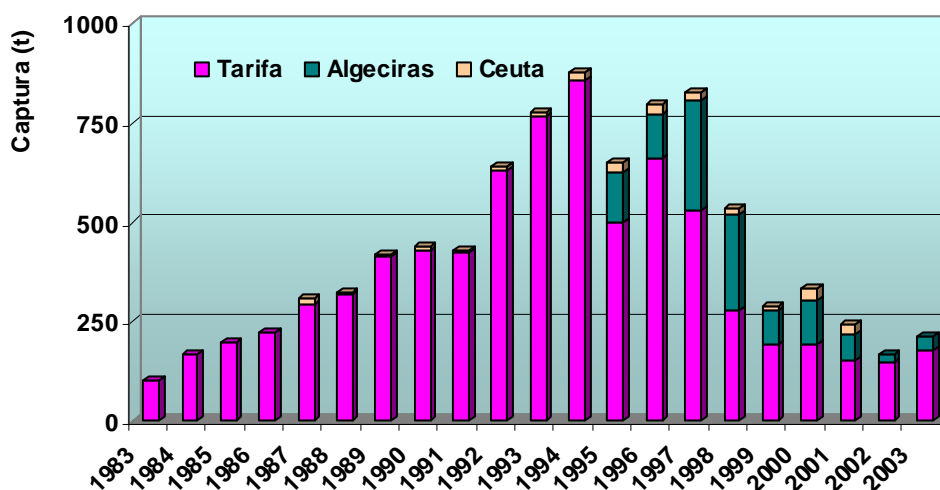


Figura 3.4. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Desembarcos por puerto (1983-2003).

Es evidente el bajo nivel de capturas del último lustro. De hecho, nos encontramos con unos valores semejantes a los primeros años de la serie histórica disponible (1984-1986), cuando la pesquería estaba aún en desarrollo en cuanto a número de unidades operativas e innovaciones tecnológicas se refiere.

En otras áreas como el Cantábrico, la pesquería sobre esta especie era claramente estacional, desarrollándose sobre todo durante el invierno, coincidiendo con la época de puesta de la especie. En nuestro caso, para buscar estas posibles variaciones estacionales de la captura, procedimos a desagregar los totales anuales del Estrecho de Gibraltar en porcentaje de captura por trimestre. Los resultados se presentan en la Figura 3.5, donde se reflejan los mayores porcentajes sobre la captura total en el segundo y último trimestre de cada año.

En los años más recientes, 1999-2003, y a partir de la implantación de los Planes de Pesca sobre esta pesquería, es más acusado el descenso de las capturas durante el primer trimestre, ya que, salvo en el año 2002, es en estas fechas cuando se produce la parada biológica.

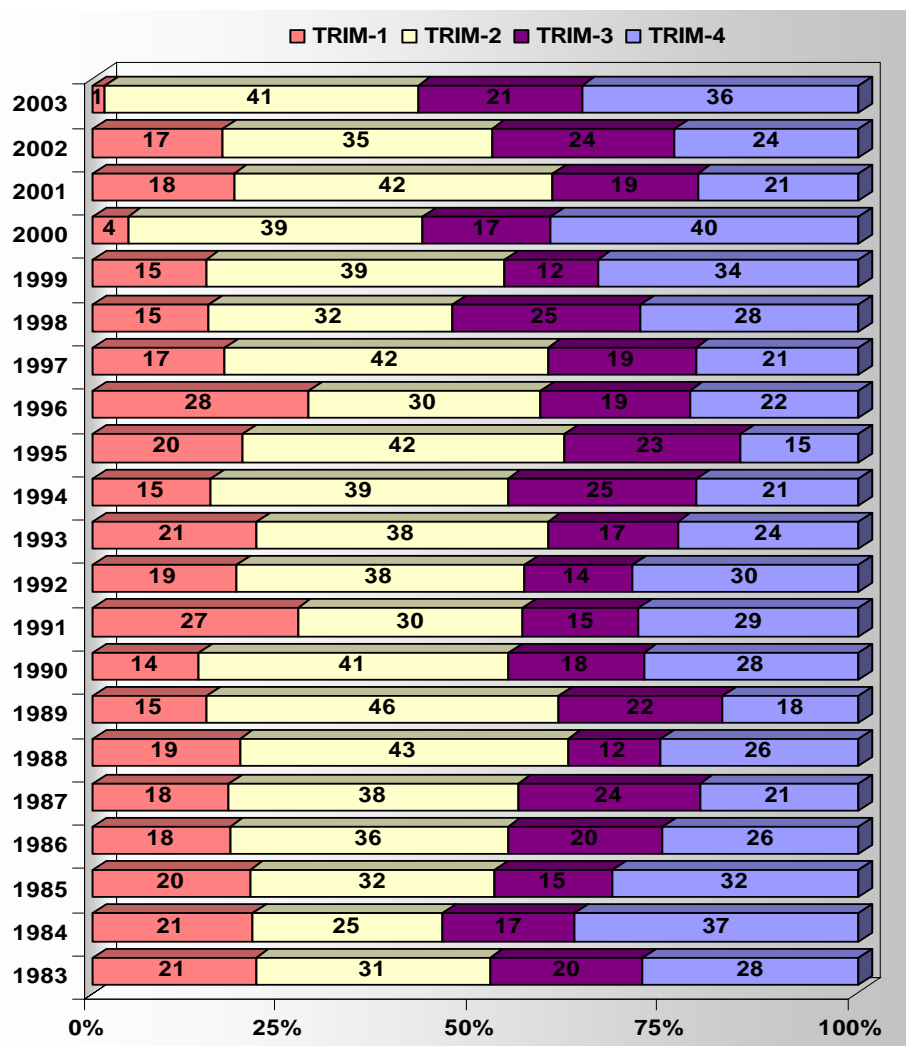


Figura 3.5. Desembarcos de voraz en Tarifa y Algeciras (1983-2003). Importancia relativa (en porcentaje) de las capturas por trimestre, respecto a la captura total anual.

Al ser las capturas más abundantes en determinados trimestres, procedimos a realizar un promedio del porcentaje relativo mensual de la captura en el periodo 1983-2003 (Figura 3.6) y así, analizar posibles tendencias estacionales de los desembarcos del voraz. Los resultados muestran dos periodos anuales con mayores desembarcos, con uno de los picos de máximos porcentajes relativos de captura entre mayo y junio y el otro en diciembre.

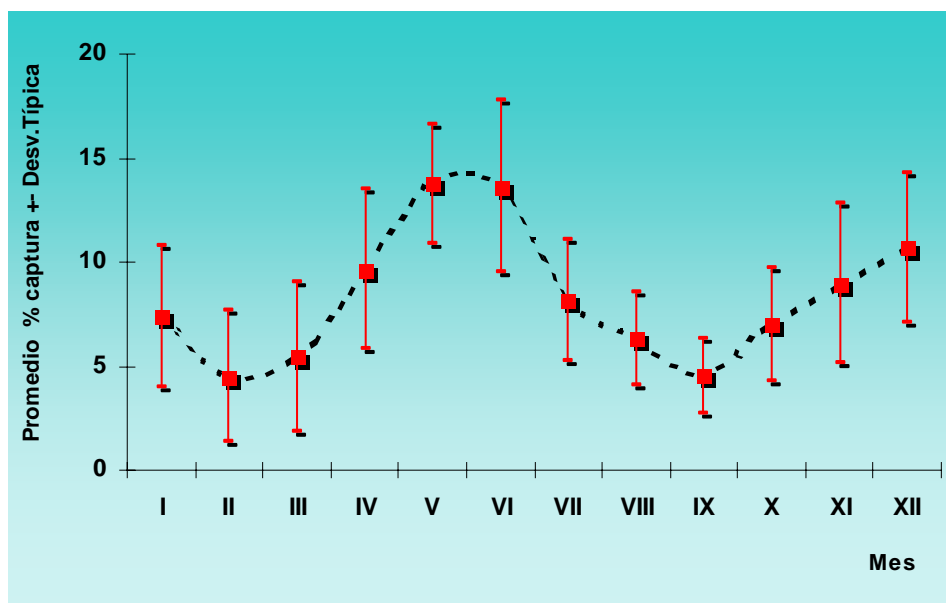


Figura 3.6. Desembarcos de voraz en Tarifa y Algeciras (1983-2003). Promedio del porcentaje relativo mensual respecto a la captura total anual.

El descenso estival de las capturas podría achacarse a la pesca alternativa del atún, que reduce, por tanto, la captura dirigida al voraz. Por otra parte, es conocido el descenso de la actividad alimenticia de muchas especies ícticas durante su reproducción. Según este criterio, al ser ésta una pesquería de anzuelo, la ausencia de apetito de los ejemplares debería provocar una disminución de la capturabilidad de la voracera en el primer trimestre, coincidiendo con la época de reproducción de la especie. Esto explicaría los bajos valores porcentuales del primer trimestre. Sin embargo, la CPUE mensual (estimada como kg/venta) de la flota tarifeña presenta unos valores relativamente estables durante los años 1990 a 1995 (Figura 3.7). Hemos escogido este periodo al considerar que la pesquería en estos años está plenamente explotada. La ausencia de tendencias de la CPUE contradice la justificación anterior. Todos estos análisis se han llevado a cabo sin tener en cuenta las condiciones meteorológicas imperantes en el área. Éstas indudablemente afectan al desarrollo de

las capturas, al posibilitar o no, las faenas de pesca. Por ello, la variabilidad interanual de las capturas es consecuencia de cambios estacionales de la intensidad pesquera. Así, las causas de la disminución del esfuerzo pesquero en determinados meses del año en la pesquería del voraz del Estrecho de Gibraltar son: Predominancia de condiciones meteorológicas desfavorables durante el primer trimestre y direccionalidad de la flota voracera hacia la pesca del atún en la época estival.

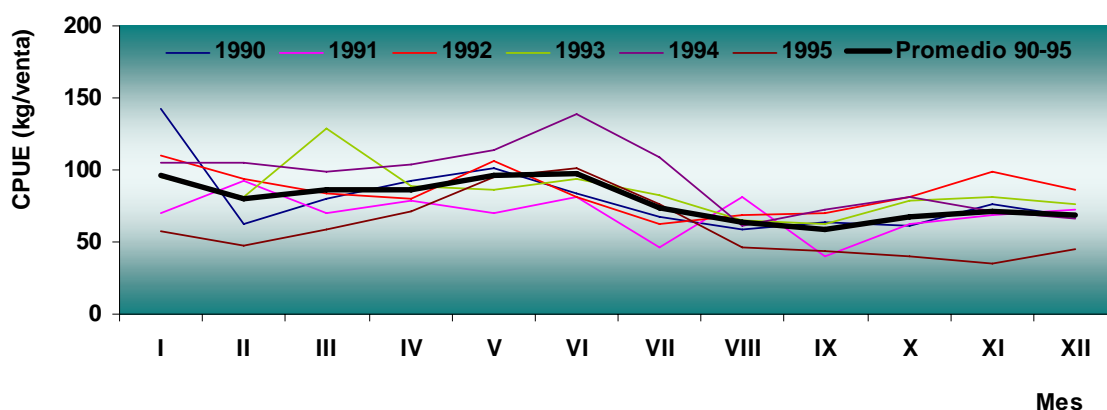


Figura 3.7. Flota voracera de Tarifa: Evolución mensual de la CPUE (kg/venta).

También hemos analizado la captura total según las correspondientes categorías comerciales (Figura 3.8). Puede observarse como la composición de la captura por categoría comercial, a lo largo de la serie histórica, ha sufrido un cambio, incrementándose las proporciones de las categorías mediano y pequeño, lo que conlleva una disminución en las proporciones de burro y tamaño, principalmente.

No obstante, incidiremos más adelante sobre este tema (Capítulo 5: Evaluación del recurso) ya que refleja cambios, a tener muy en cuenta, en el patrón de explotación de la pesquería. De este modo, y sin necesidad de analizar en profundidad la composición en tallas de los desembarcos, tendríamos un primer indicio de sobrepesca de crecimiento durante el periodo 1995-1998. A partir de 1999, con el establecimiento de la talla mínima de captura, el porcentaje de la categoría pequeño disminuye gradualmente gracias a la adopción de esta medida técnica. Paradójicamente, los desembarcos de esta categoría sufren un ligerísimo incremento el último año de estudio (2003), en el que una de las medidas contempladas en el nuevo, y actualmente vigente, Plan de Pesca (B.O.E. 2002 y B.O.J.A. 2003) era la ampliación de la talla mínima de desembarco, desde los 25 cm de longitud total establecidos en 1998 hasta los 33 cm actuales.

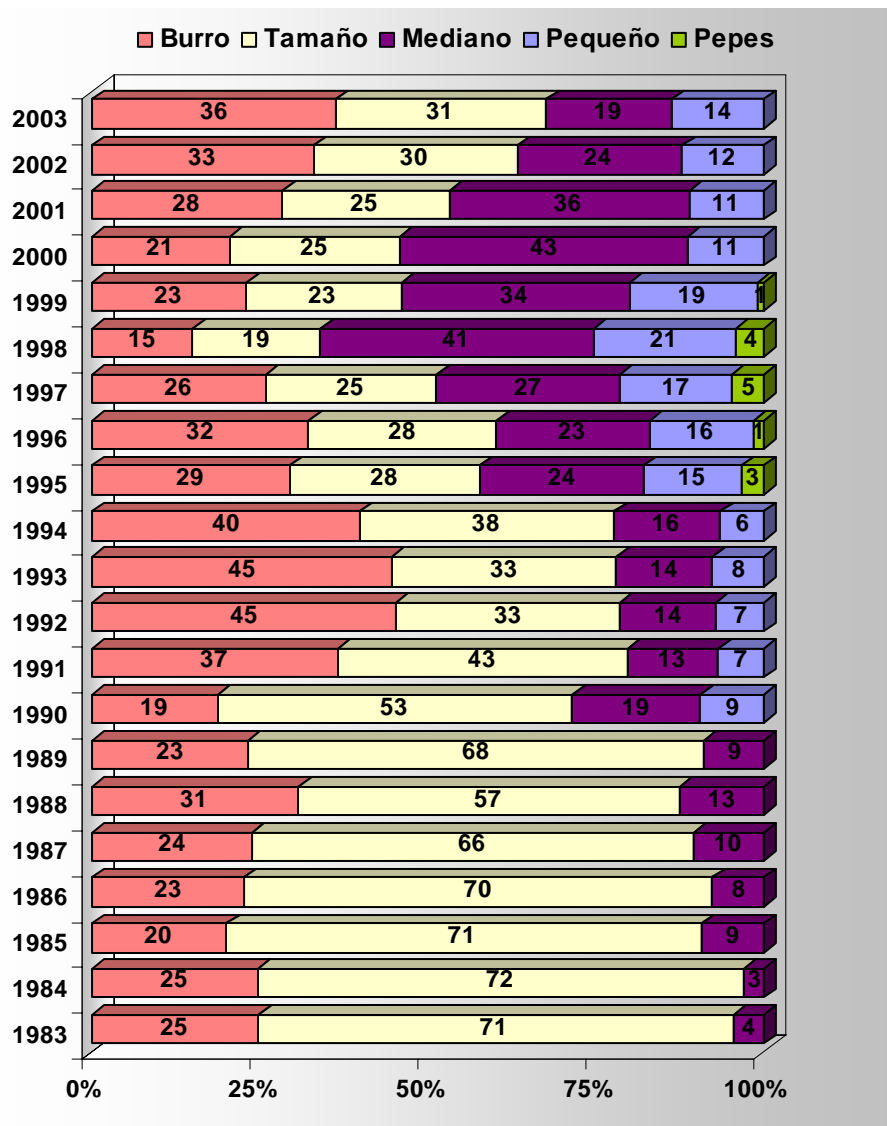


Figura 3.8. Desembarcos de voraz en Tarifa y Algeciras (1983-2003). Importancia relativa de cada categoría comercial respecto a la captura total anual.

Del mismo modo, puede llevarse a cabo un tratamiento estacional de los porcentajes de captura correspondientes a cada categoría comercial, aunque los resultados obtenidos no dicen mucho a este respecto (Figura 3.9), y no podemos hablar de aumentos en la captura de determinada categoría en trimestres concretos. De hecho, aunque hasta el momento sea una hipótesis sin contrastar, el tamaño de los ejemplares capturados parece ser, más bien, producto de sus caladeros de procedencia. Así, éste sería el resultado de la conjugación del incremento de la talla en función de la batimetría característica de esta especie (Desbrosses, 1938; Krug, 1994) y la direccionalidad de la flota voracera en busca del recurso.

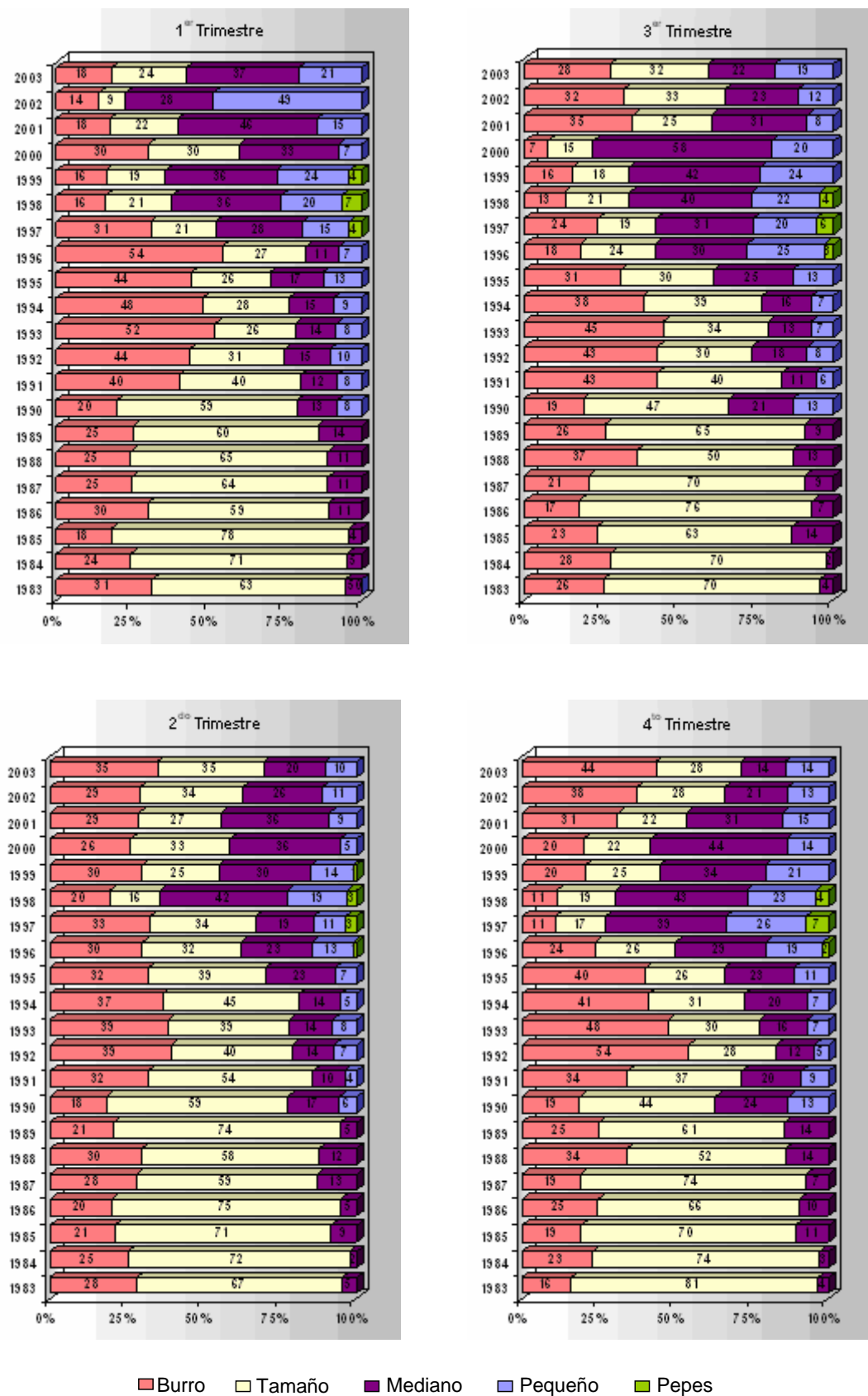


Figura 3.9. Desembarcos de voraz en Tarifa y Algeciras: Distribución trimestral por categoría comercial (1983-2003).

En cuanto a la composición específica de estas pesquerías, la principal especie acompañante es la palometa o japuta (*Brama brama*), que alcanza un 11% del total de la captura de la flota voracera tarifeña. Debemos destacar, que esta especie presenta grandes variaciones interanuales, tal vez a causa de su carácter emigrante, cuyos movimientos pueden estar relacionados con la temperatura del agua. Así, encontramos años como el 2000, en los que su presencia supone el 51% de la captura total, y otros como en los años 1993, 1994, 2002 y 2003, en los que escasamente alcanza a representar el 1% del total desembarcado por la flota voracera. Estos porcentajes de la captura total son proporcionales a los desembarcos de esta especie en el puerto de Tarifa (Figura 3.10), con picos de capturas en los años 1995, 1997 y 2000.

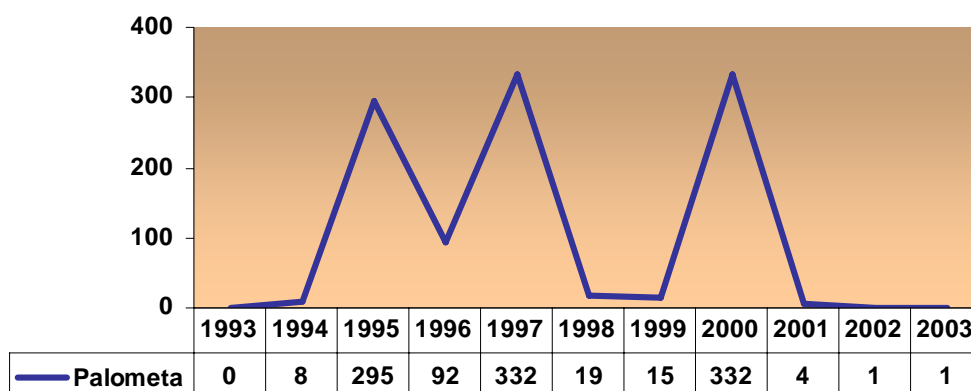


Figura 3.10. Desembarcos de palometa (*Brama brama*) en el puerto de Tarifa (1993-2003).

En menor medida, en la pesquería del voraz aparecen otras especies acompañantes como el sable (*Lepidopus caudatus*) con un 4% y, por último, gallinetas o pollos (*Helicolenus dactylopterus*), jureles (*Trachurus spp.*), y más raramente, sobre todo en los últimos años, cherna o romerete (*Polyprion americanus*) y mero (*Epinephelus guaza*) que constituyen menos de un 1% del total desembarcado.

En la Figura 3.11 se refleja la evolución de las cantidades de sable desembarcadas en el puerto de Tarifa a partir del año 2000, ya que hasta esa fecha no hay constancia de desembarcos de esta especie. Es probable que en años anteriores la especie se descartara debido a su escaso interés comercial en el mercado español. Sin embargo, en los años más recientes se aprecia un incremento gradual de los desembarcos, probablemente como consecuencia de las bajas capturas de voraz de

los últimos años y la venta del sable al mercado portugués, principal consumidor de esta especie.

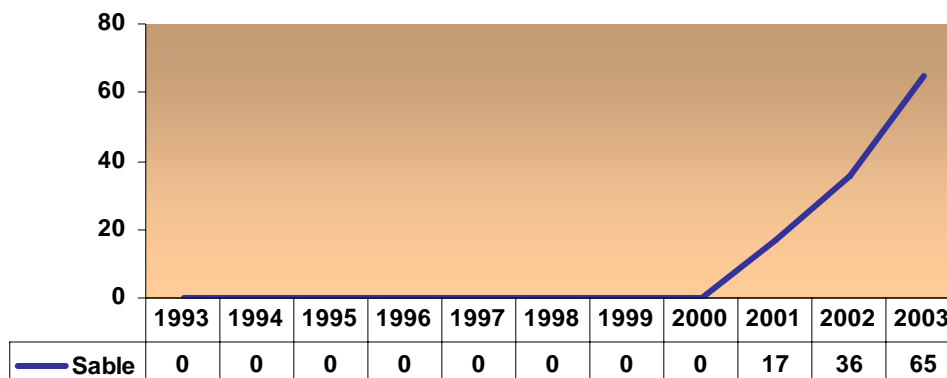


Figura 3.11. Desembarcos de sable (*Lepidopus caudatus*) en el puerto de Tarifa (1993-2003).

De hecho, recientemente ha surgido en el área del Estrecho de Gibraltar una nueva pesquería dirigida al sable. Como acabamos de señalar, inicialmente esta especie constituía descarte o, más recientemente, *bycatch* de la flota voracera. A partir del 2001, algunas embarcaciones de Algeciras (pequeñas marrajeras y algunas voraceras) adaptaron sus artes para la pesca de esta especie como alternativa a la pesca del voraz.

Posteriormente, barcos de Conil de la Frontera y Barbate se incorporaron a esta nueva pesquería. En la actualidad, la llevan a cabo más de 30 embarcaciones de Conil de la Frontera y Barbate junto a otras embarcaciones, principalmente de Algeciras, que también pescan en este área a pesar de pertenecer estas últimas al caladero mediterráneo. De hecho, estas últimas actualmente están sometidas a un plan para la pesca del sable (B.O.E. 2004), que permite que faenen simultáneamente en aguas del Golfo de Cádiz (entre el Cabo Trafalgar y la Punta Camarinal) 12 de 18 embarcaciones autorizadas.

La pesquería dirigida al sable obtiene un importante volumen de capturas: 1737 t y 1658 t en 2002 y 2003, respectivamente. En algunos casos los desembarcos se llevan a cabo fuera de lonja, sin subasta pública y con un precio concertado, pasando la captura directamente a camiones que la trasladan a los mercados de Portugal. Por este motivo, el volumen global de capturas de esta especie podría estar subestimado.

La evolución anual de los desembarcos de jurel en el puerto de Tarifa aparece en la Figura 3.12. Del mismo modo que para el sable, se observan cantidades nulas y mínimas durante los primeros años de estudio, para incrementarse a partir del año 2000. La casi total ausencia de desembarcos durante los primeros años, puede achacarse tanto a descartes como a consumo propio de la tripulación y/o utilización de esta especie como cebo en la pesca del atún. Igualmente, el incremento de desembarcos de jurel en los años más recientes, podría atribuirse a una búsqueda de optimización económica de las mareas de pesca, debido a la disminución de las capturas de la especie objetivo de la pesquería.

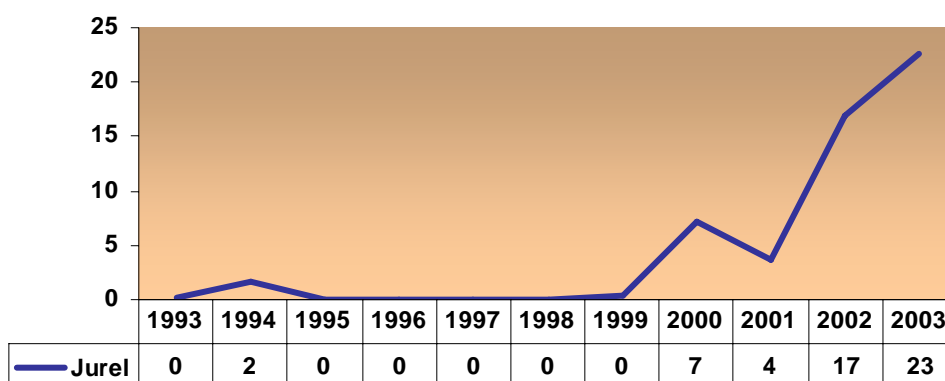


Figura 3.12. Desembarcos de jurel (*Trachurus spp.*) en el puerto de Tarifa (1993-2003).

La Figura 3.13 muestra la evolución de los desembarcos de gallinetas, o pollos, en el puerto de Tarifa. De nuevo nos encontramos con una situación semejante a la del resto de especies acompañantes (salvo la palometa). El pico de desembarcos de esta especie (4 t en 1999) parece coincidir con el declive de los desembarcos del voraz. Es posible, a la vista de los desembarcos de años posteriores, que durante este año la flota voracera dirigiera parte de su esfuerzo a la captura de esta especie en caladeros concretos, como el conocido por el nombre de esta especie (pesquero pollos).

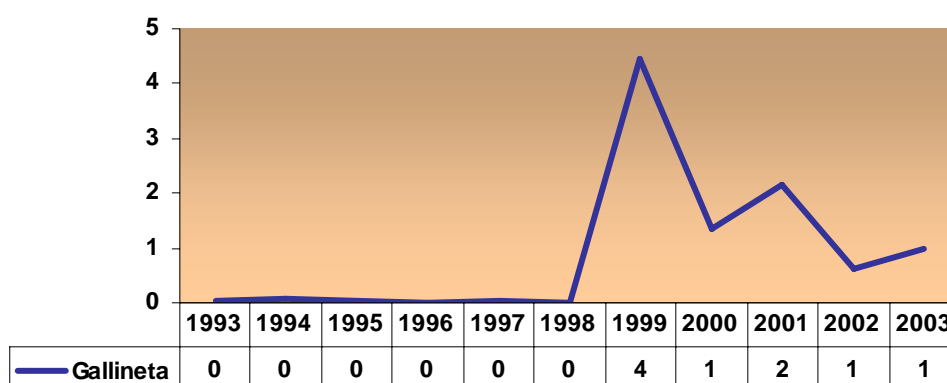


Figura 3.13. Desembarcos de gallineta (*Helicolenus dactylopterus*) en el puerto de Tarifa (1993-2003).

El atún rojo (*Thunnus thynnus*), con un promedio del 21% del total desembarcado, es otra especie de alto interés económico para la flota voracera de Tarifa. En este caso particular, conviene aclarar que más que una especie acompañante de la pesquería del voraz es una alternativa a ésta, y por tanto, su captura no es accidental. En la época estival, tras desovar en el Mar Mediterráneo, los atunes regresan hacia el Océano Atlántico. Es entonces, durante los meses de julio y agosto, cuando algunas voraceras dirigen su esfuerzo hacia la pesca de esta especie, sustituyendo parte del aparejo y el cebo empleado. De los resultados del estudio de Herrero (2006) se desprende que, si bien la pesca de atunes presenta una mayor rentabilidad, también lleva consigo un mayor nivel de riesgo, o incertidumbre, asociado a los beneficios. Así, pueden observarse dos tendencias en el comportamiento de los pescadores de la flota voracera: Los más arriesgados, que se lanzan con mayor frecuencia a la pesca de atunes en espera de obtener grandes beneficios, y los más conservadores, que prefieren refugiarse en la seguridad y estabilidad de la pesca del voraz.

En la Figura 3.14 se presentan las cantidades de atún desembarcadas en el puerto de Tarifa, que no presentan una tendencia clara. Los incrementos y descensos a lo largo del periodo analizado podrían ser reflejo de la direccionalidad de la flota voracera en función de la demanda y la abundancia de atunes y voraces.

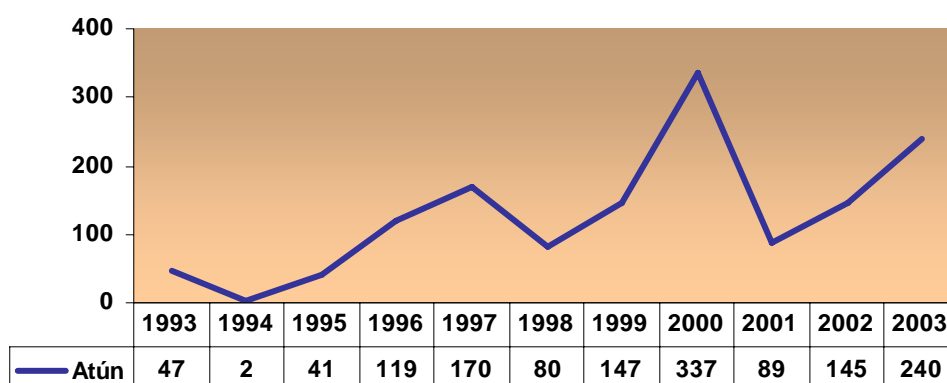


Figura 3.14. Desembarcos de atún rojo (*Thunnus thynnus*) en el puerto de Tarifa (1993-2003).

3.3.3. El esfuerzo pesquero. Estimación de un primer índice de abundancia: Captura Por Unidad de Esfuerzo (CPUE)

La estima de la abundancia de un stock puede acometerse a través del descubrimiento y utilización de alguna magnitud proporcional a la misma, y que pueda estimarse a partir de la información que nos llega habitualmente de la pesquería (Pereiro, 1982). Bajo esta premisa, el índice más frecuentemente utilizado con este fin es la Captura Por Unidad de Esfuerzo (CPUE). Éste puede utilizarse como un parámetro proporcional a la abundancia, siempre que la unidad de esfuerzo empleada para su estima sea proporcional a la mortalidad pesquera.

Normalmente, una flota que actúa sobre una determinada pesquería realiza un número de salidas a la mar a la semana, mes o año, para efectuar operaciones de pesca de mayor o menor duración y, con un determinado aparejo, destinadas a la captura de la especie objetivo. A su vez, la flota se compone de un número de barcos de características técnicas diferentes. Por lo tanto, las unidades de esfuerzo disponibles pueden variar en su eficacia, a la hora de reflejar la mortalidad pesquera a la que se somete el recurso, y ha de seleccionarse la mejor posible.

Indudablemente, en el caso de la flota voracera la mejor unidad de esfuerzo es el número de anzuelos calados. Sin embargo, esta medida es prácticamente imposible de cuantificar, especialmente en lo relativo a su recopilación histórica. Por este motivo, optamos por analizar otras unidades de esfuerzo más accesibles, tales como el número de ventas, número de unidades de la flota extractiva y los días de pesca.

El número de ventas puede ser una primera aproximación al número de mareas. La evolución anual del número de ventas se presenta en la Figura 3.15, para los puertos de Tarifa y Algeciras, reflejando un incremento de las mismas desde 1289 en 1983 hasta un máximo de 10405 en 1997. A partir de 1995, las ventas en Tarifa disminuyen, ya que las embarcaciones de Algeciras comienzan a desembarcar también en su puerto base. Por el mismo motivo, en el puerto de Algeciras aumenta el número de ventas desde un valor inicial de 1967 en 1995 hasta las 3222 efectuadas en 1998. De igual modo que para las capturas, este índice de esfuerzo obtenido para el año 1999 presenta valores bajos, causados por la casi total ausencia de actividad pesquera durante tres meses. Durante el año 2000 en el puerto de Algeciras el esfuerzo pesquero, a pesar de un ligero incremento, se mantiene en los niveles del año anterior (1757 mareas, aproximadamente la mitad del máximo esfuerzo pesquero ejercido por la flota de esta localidad en 1997). Sin embargo, durante este año la flota de Tarifa muestra un claro incremento del esfuerzo ejercido acercándose a los valores obtenidos en el año 1998, a pesar de los dos meses de ausencia de actividad pesquera. Este incremento del esfuerzo podría explicarse por el aumento del número de ventas de voraceras que subastan sus capturas indistintamente en este puerto y en la localidad de Algeciras. Así, en los años más recientes en la Lonja de Tarifa se subastan capturas correspondientes a barcos con base en este puerto y de otras embarcaciones que venden tanto en Tarifa como en Algeciras.

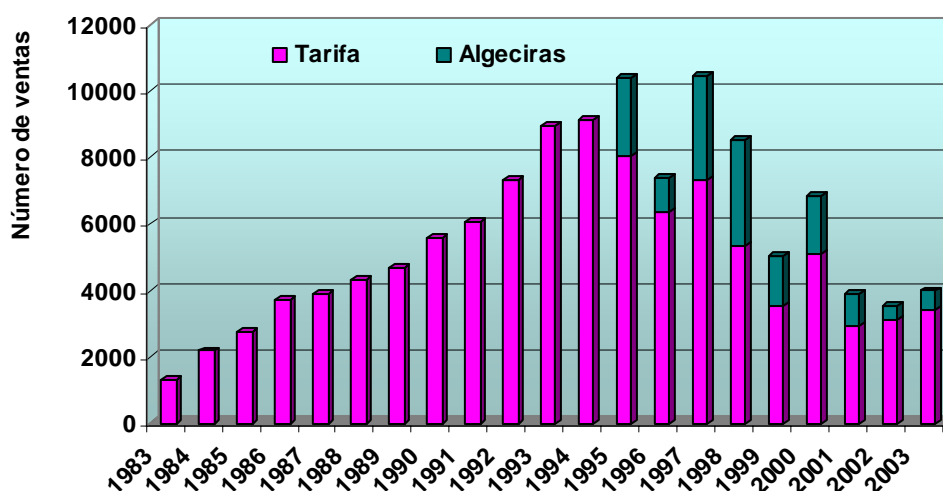


Figura 3.15. Evolución anual del esfuerzo de pesca (número de ventas) de la flota voracera del Estrecho de Gibraltar (1983-2003).

En el año 2001 vuelve a disminuir el número de ventas realizadas en ambos puertos. Este hecho es más destacable en la Lonja de Algeciras, donde las ventas de voraz descienden casi en un 50% respecto al año anterior.

El número de ventas de los tres últimos años mantiene cierta estabilidad, permaneciendo el valor del esfuerzo pesquero estimado por debajo de las 4000 ventas.

Por otro lado, la reducción significativa del número de ventas en Algeciras a partir del año 2001, parece resultado de un cambio en la estrategia pesquera de la flota voracera algecireña, que desplaza un buen número de unidades hacia la nueva pesquería del sable (*Lepidopus caudatus*).

La utilización del número de ventas como aproximación al número de mareas realizada por la flota voracera, presenta el inconveniente de no poder cuantificar lo que podemos denominar esfuerzo perdido. Esta inconveniencia puede aumentar considerablemente su magnitud en los últimos años de la serie histórica. No todas las voraceras que salen a faenar obtienen capturas, por lo que no efectuaran ventas en lonja. De esta manera, una parte del esfuerzo ejercido sobre la pesquería, esfuerzo perdido, no queda recogido en la información analizada.

Debido a las condiciones meteorológicas de la zona, con jornadas de vientos que impiden el desarrollo de las tareas de pesca, otro indicio del esfuerzo pesquero nos lo proporciona el número anual de días de pesca en que la flota voracera ha salido a faenar. Estos valores se muestran en la Tabla III.IV para el caso de Tarifa y en la Tabla III.V para Algeciras.

En el puerto de Tarifa, el máximo anual de salidas a la mar en todos los años de estudio fue de 183 días de pesca. Éste valor se alcanzó en el año 1998 y más recientemente en el 2002. La modernización de la flota voracera y la introducción de innovaciones tecnológicas incrementa la posibilidad de salir a faenar en condiciones climatológicas adversas. Por el contrario, los bajos valores registrados a partir de 1999, con excepción del año 2002, parecen consecuencia directa de la parada de la actividad pesquera durante tres meses en ese año y dos meses durante los años 2000, 2001 y 2003. Con anterioridad, y en ausencia de la parada biológica, el descenso en el número de ventas observado en 1996 es fiel reflejo del año con menor número de días de pesca efectivos desde 1990, apenas 144.

Tabla III.IV. Días de pesca de la flota voracera de Tarifa (1983-2003).

Año	Total Días Pesca
1983	142
1984	157
1985	163
1986	161
1987	161
1988	161
1989	143
1990	167
1991	156
1992	160
1993	174
1994	161
1995	177
1996	144
1997	167
1998	183
1999	142
2000	141
2001	147
2002	193
2003	155

Tabla III.V. Días pesca de la flota voracera de Algeciras (1997-2003).

Año	Total Días Pesca
1997	243
1998	249
1999	182
2000	193
2001	211
2002	161
2003	168

A pesar de su menor porte, la flota de Algeciras es capaz de faenar más días al año por encontrarse algunos de los caladeros de pesca cercanos a esta localidad protegidos de los vientos de Levante, que obligan a permanecer en puerto a la flota tarifeña. Cuando las condiciones de la mar lo permiten, la flota de Algeciras puede también trabajar en los caladeros de Poniente junto a la flota de Tarifa, ya que como hemos mencionado, a menudo parte de esta flota desembarca sus capturas en el puerto de Tarifa por estar éste más cercano a dichos caladeros.

A pesar de no disponer de información acerca de la flota voracera ceutí, podemos resaltar que ésta también puede faenar con vientos de Levante. De hecho, incluso algún barco de Tarifa puede animarse a cruzar el Estrecho para faenar en los caladeros cercanos a la Bahía de Ceuta, como hemos comprobado en campañas de marcado realizadas recientemente.

La Figura 3.16 muestra la evolución del promedio (1997-2003) de días efectivos de pesca mensuales en Tarifa y Algeciras. La tendencia en ambas localidades es muy semejante, con menos días de pesca efectivos durante el primer trimestre. Los valores mínimos ocurren en el mes de febrero con 10 y 14 días en Tarifa y Algeciras, respectivamente. En primavera y verano las condiciones meteorológicas para la práctica de la pesca mejoran y por ello, aumentan los días de pesca efectivos. En cualquier caso, siempre el promedio mensual de días efectivos es superior en Algeciras por lo señalado anteriormente.

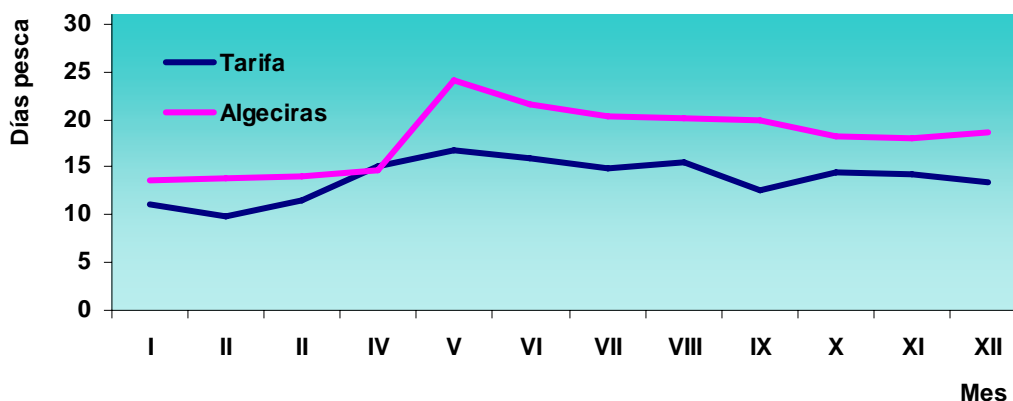


Figura 3.16. Promedio de días de pesca mensuales de la flota voracera.

En su trabajo del 2001, García del Hoyo *et al.* utilizan como unidad de esfuerzo de la flota voracera del puerto de Tarifa los días de pesca estandarizados. Éstos son el resultado del producto de los días de pesca nominales (como aproximación al número de mareas, es decir, es el equivalente a nuestro número de ventas) y el índice de poder de pesca (a partir de los valores medios del arqueo y número de tripulantes en la flota) durante el periodo 1986-1999. El hecho de que, precisamente, los meses de febrero y marzo sean cuando se desarrolla un menor esfuerzo pesquero, lo achacan a las condiciones climatológicas y de mercado, resultándoles paradójico la adopción del periodo de veda establecido coincidiendo con estas fechas.

Una última aproximación para la estimación del esfuerzo pesquero ejercido por la flota voracera es el producto del número de unidades extractivas y el número de días que ha faenado la flota. La Figura 3.17 muestra la evolución del esfuerzo pesquero estimado de esta manera. Evidentemente, en nuestro caso, el elemento decisivo es el número de barcos, ya que como hemos observado anteriormente, los días de pesca mantienen cierta estabilidad a lo largo del periodo histórico, salvo aquellos años con parada biológica de la flota voracera. Así vemos un aumento paulatino de esta unidad de esfuerzo, coincidente con el desarrollo de la pesquería y la incorporación de nuevas embarcaciones hasta alcanzar valores máximos en 1997 y 1998. A partir de esta fecha el descenso del número total de días debido a la ausencia de actividad pesquera durante dos meses al año, provoca la correspondiente disminución del esfuerzo pesquero estimado.

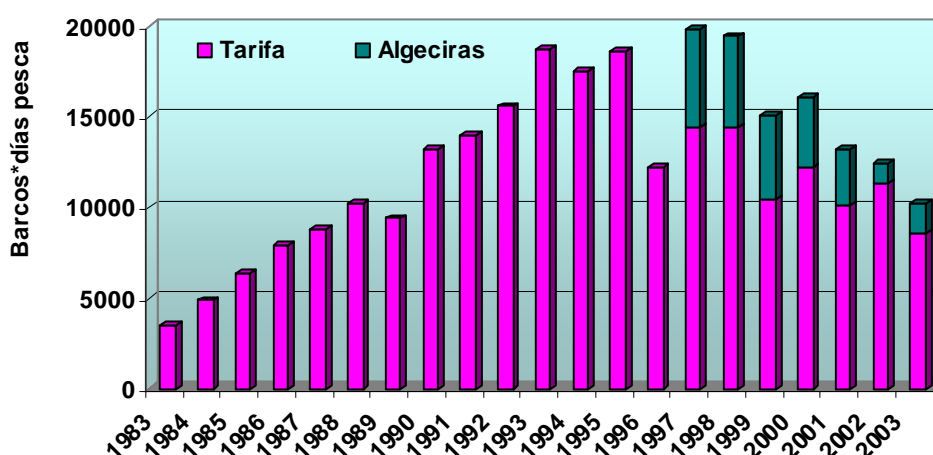


Figura 3.17. Evolución anual del esfuerzo de pesca (barcos*días pesca) de la flota voracera del Estrecho de Gibraltar (1983-2003).

Como ya hemos mencionado anteriormente, el rendimiento pesquero (CPUE) es considerado un índice relativo de abundancia, pudiendo considerarse su evolución a lo largo del tiempo representativo de las fluctuaciones de la abundancia del recurso disponible en la zona. La Figura 3.18 muestra la evolución de las diferentes CPUEs estimadas. También, y a título orientativo, se incluye la publicada por García del Hoyo *et al.* en 2001. Todas presentan una tendencia similar: Aumento gradual de todos los rendimientos pesqueros durante la fase de desarrollo de la pesquería, para luego iniciarse un progresivo descenso de éstos hasta la estabilización de los valores en los últimos años.

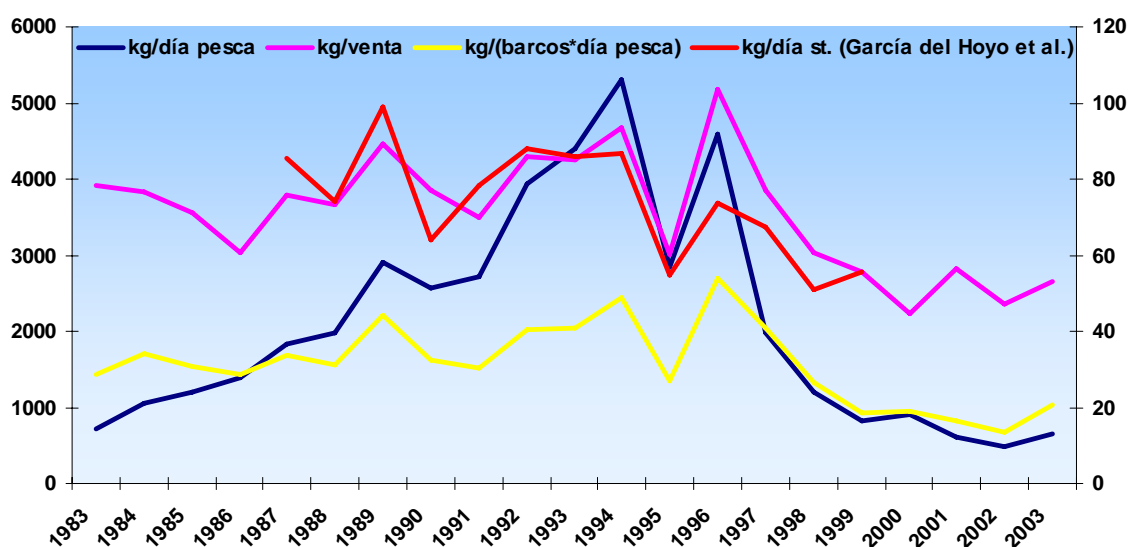


Figura 3.18. Contraste de diferentes CPUEs, en función de la unidad de esfuerzo seleccionada, de la pesquería del voraz del Estrecho de Gibraltar (1983-2003).

A pesar del inconveniente de no contemplar el «esfuerzo perdido», hemos decidido analizar más pormenorizadamente la evolución anual de la CPUE estimada como kg/venta, asumiendo que esta medida sea el mejor reflejo de la abundancia del recurso explotado, exceptuando los años más recientes del periodo de estudio (Figura 3.19). Ésta muestra una cierta estabilidad durante los primeros años de estudio (1983-1990), con pequeños descensos en los años 1986 y 1991. A partir de este último año, posiblemente debido a las innovaciones tecnológicas introducidas en la pesquería (haladores hidráulicos, sondas, G.P.S.), la tendencia es claramente ascendente hasta el año 1994, donde se alcanzó un rendimiento medio de 93,6 kg/venta. En el año siguiente ocurrió un cierto colapso, descendiendo los rendimientos medios al orden de los 62,4 kg/venta. Sin embargo, es en el año 1996 cuando de nuevo se obtiene un importante

aumento en los rendimientos, siendo éste el año de mayor valor en toda la serie de datos (superando la media de los 100 kg/venta). En los años siguientes se detecta un fuerte descenso hasta alcanzar en el año 2000, el rendimiento más bajo de toda la serie histórica. Desde entonces, los rendimientos obtenidos por la flota voracera permanecen, aún con un ligero incremento, sobre este mínimo valor.

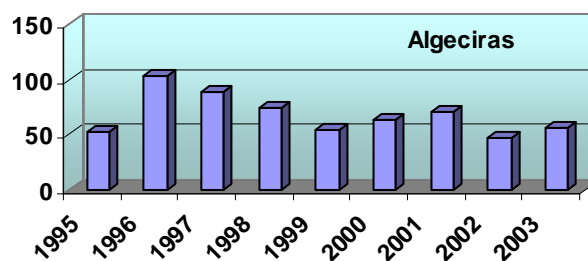
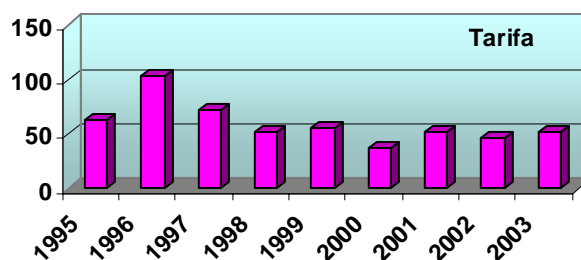
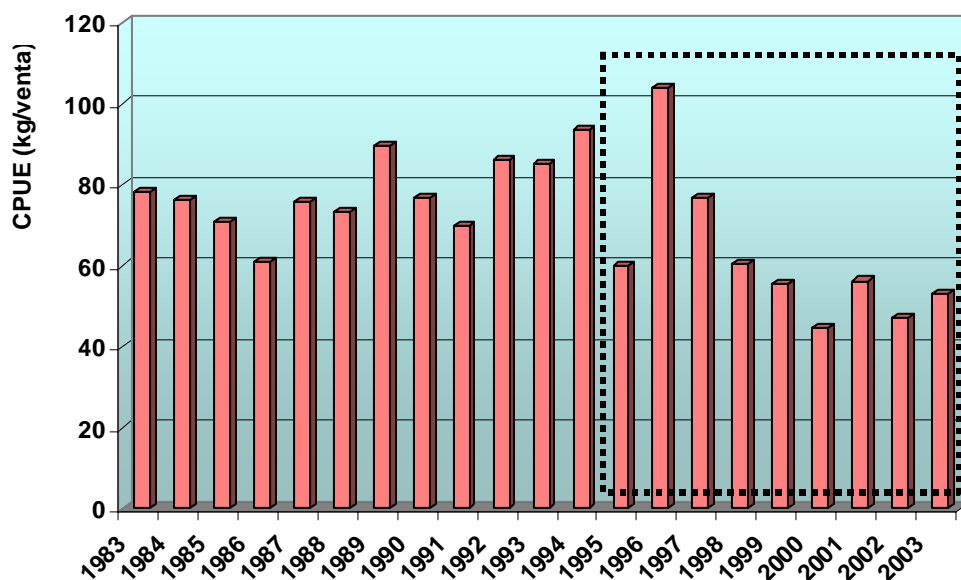


Figura 3.19. Evolución de la CPUE de la pesquería del voraz del Estrecho de Gibraltar (1983-2003).

Conviene resaltar las fuertes diferencias encontradas en los rendimientos obtenidos entre ambas flotas durante los años 1997 y 1998. La flota de Algeciras alcanzó en ese periodo valores superiores a la flota de Tarifa: 28% y 42%, respectivamente. A partir del año 1999 ambas flotas presentan similares rendimientos, ligeramente superiores en el puerto de Algeciras. Además los rendimientos parecen estabilizarse en los últimos años, obteniéndose en el trienio 2001-2003 un promedio de 50 y 58 kg/venta en Tarifa y Algeciras, respectivamente.

No obstante, la CPUE de estos últimos años puede no ser demasiado representativa de la abundancia de la población, ya que, como se ha comentado anteriormente, sabemos que empeora la unidad de esfuerzo seleccionada. El descenso del número de ventas parece reflejar más una disminución de la abundancia del recurso, que una disminución del esfuerzo pesquero efectivo, al haber aumentado considerablemente el esfuerzo perdido no registrado. De esta manera, al subestimar el denominador de la ecuación (esfuerzo pesquero), el valor de la CPUE estará sobrestimado, por lo que los valores obtenidos deben ser manejados con cautela. Conviene no olvidar que la interpretación de la CPUE como índice de abundancia debe ser siempre prudente si hay sospechas de tendencias en la capturabilidad, las unidades de esfuerzo no son las óptimas o si existen evidencias de que la especie estudiada no se distribuye de manera homogénea en el área de pesca (Guerra y Sánchez, 1998).

3.3.4. Composición por tallas de la captura

La mayoría de los datos utilizados en biología pesquera se toman a bordo de los barcos o en las Lonjas pesqueras, por lo que la toma de datos supone un esfuerzo de tiempo y dinero. La recopilación de datos de talla no es una tarea científica demasiado estimulante pero, con frecuencia, es la única manera de obtener muestras verdaderamente representativas de las capturas. Gran parte de la investigación pesquera de los últimos años ha sido consagrada a la dinámica de las especies objetivo de las pesquerías, en particular, a los cambios de la estructura en tallas (y edad) de estos stocks causados por la explotación. Si la pesquería fuera sostenible, los cambios anuales en la composición en tallas de las capturas no deberían mostrar tendencia alguna.

A partir de las distribuciones de tallas estándar y ponderando éstas sobre la captura total anual, por categorías, hemos obtenido las distribuciones de tallas anuales desde el inicio de la pesquería hasta nuestros días. En la Figura 3.20 se representa, en porcentaje, el número de ejemplares capturados por rango de talla, al centímetro inferior, para cada año. Del mismo modo, la Figura 3.21 muestra la distribución de tallas estimada por puerto de desembarco.

El período 1983-1989 debe ser interpretado con precaución debido al cambio de categorías comerciales mencionado en el apartado metodológico. La distribución estándar de la categoría pequeño de estos primeros años, es un compendio de las categorías pequeño y mediano de años posteriores. Por este motivo, esas distribuciones aparecen con tres modas claras, correspondiendo cada una de ellas a cada categoría comercial. A pesar de esta inconveniencia, cabe resaltar cómo en los primeros cuatro años de los que disponemos de información (1983-1986) la explotación pesquera se realizaba fundamentalmente sobre los individuos mayores de 36 cm. En los dos años siguientes, el esquema de explotación comienza a cambiar, aumentando en importancia los ejemplares comprendidos entre los 28 y 36 cm.

Desde el año 1990 hasta 1994 se observa una explotación muy similar en los diferentes rangos de talla, sin embargo, a partir de 1995, año de bajos rendimientos, empieza una importante modificación en el esquema de explotación, disminuyendo las capturas de ejemplares de mayor talla y aumentando de manera significativa las de ejemplares más pequeños.

Esta tendencia se aprecia también en la Tabla III.VI y en la Figura 3.22, donde se reflejan los valores de la talla media anual de la captura en el periodo de estudio y por puerto.

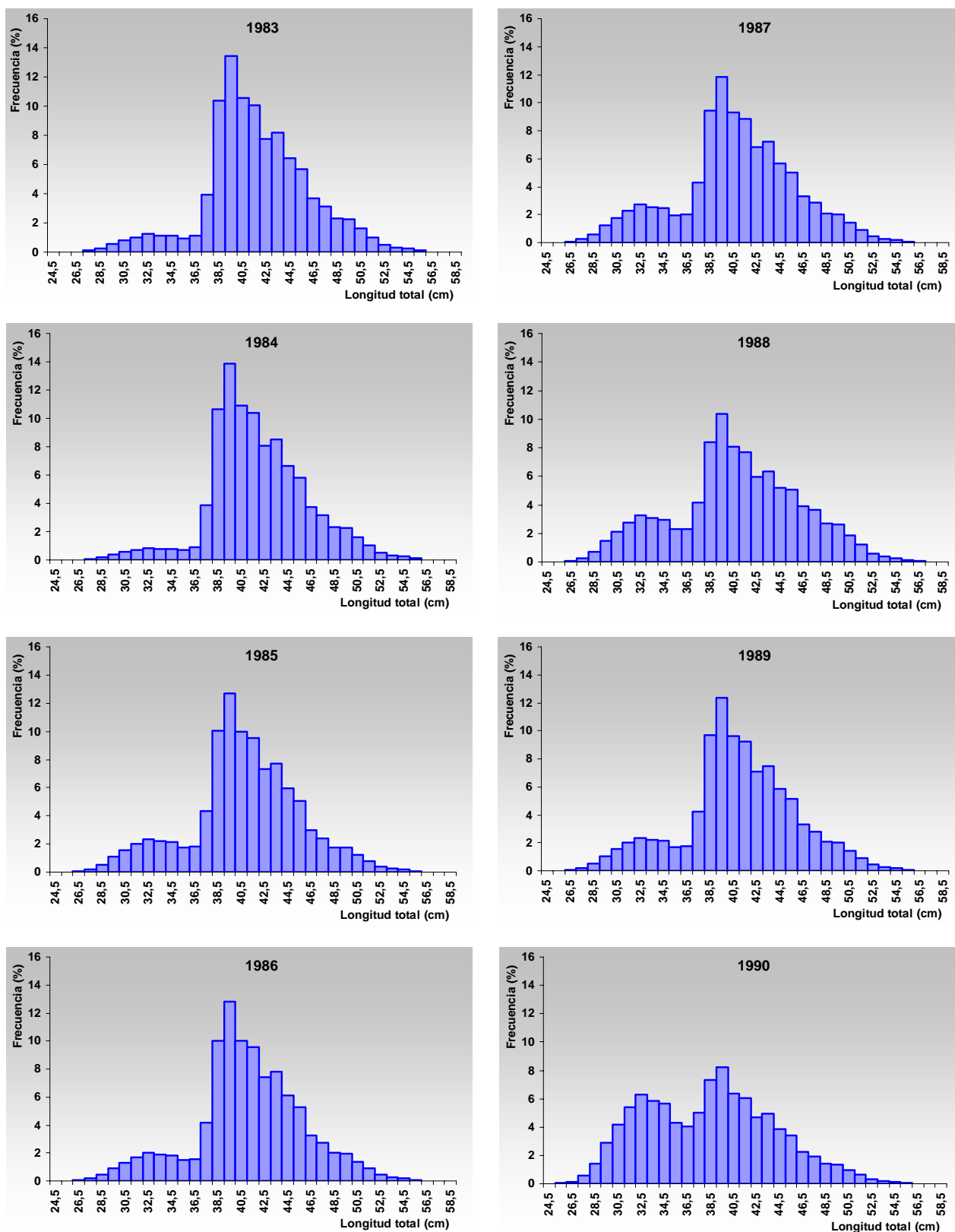


Figura 3.20. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Distribuciones de talla (1983-1990).

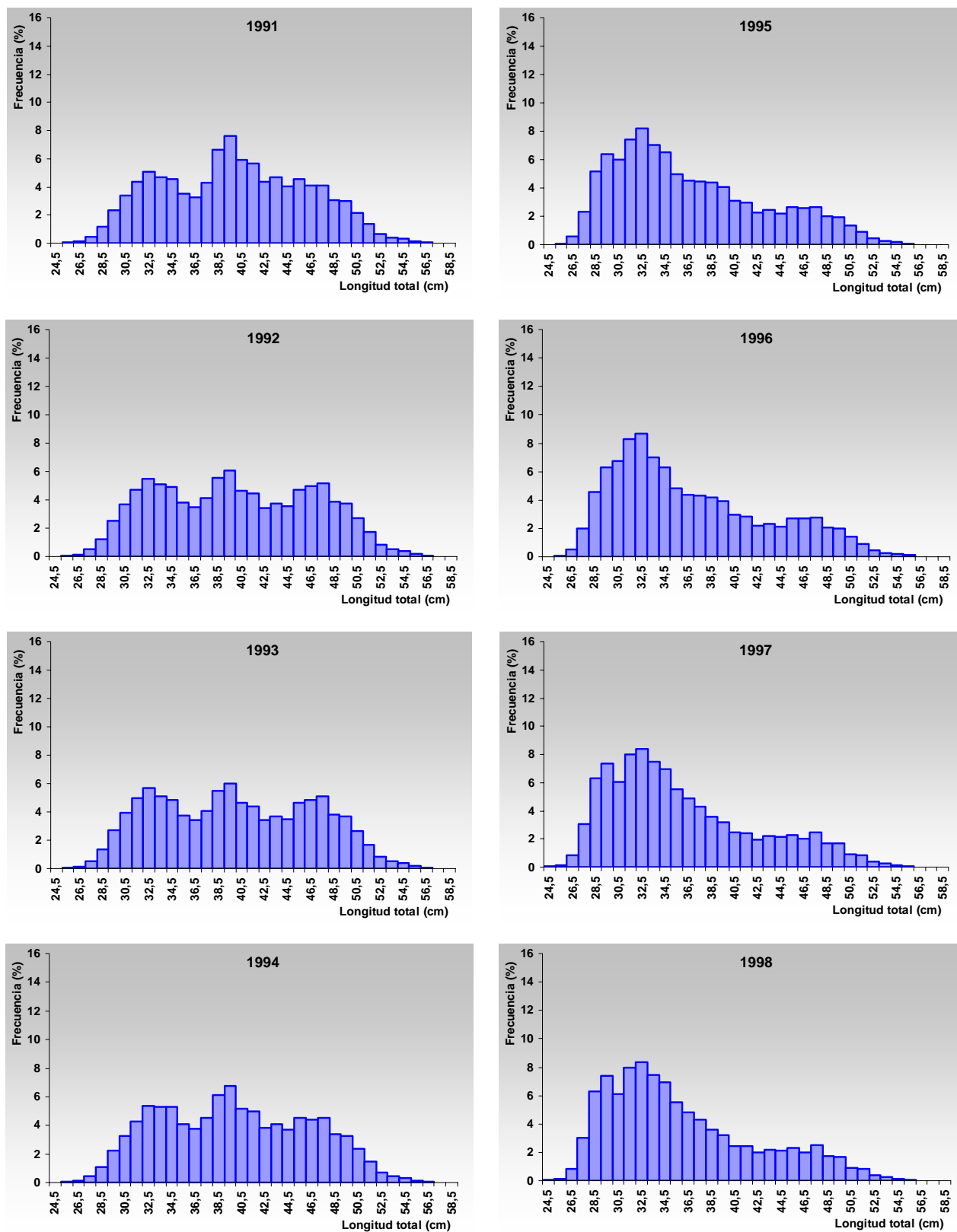


Figura 3.20 (cont.). Voraz del Estrecho de Gibraltar: Distribuciones de talla (1991-1998).

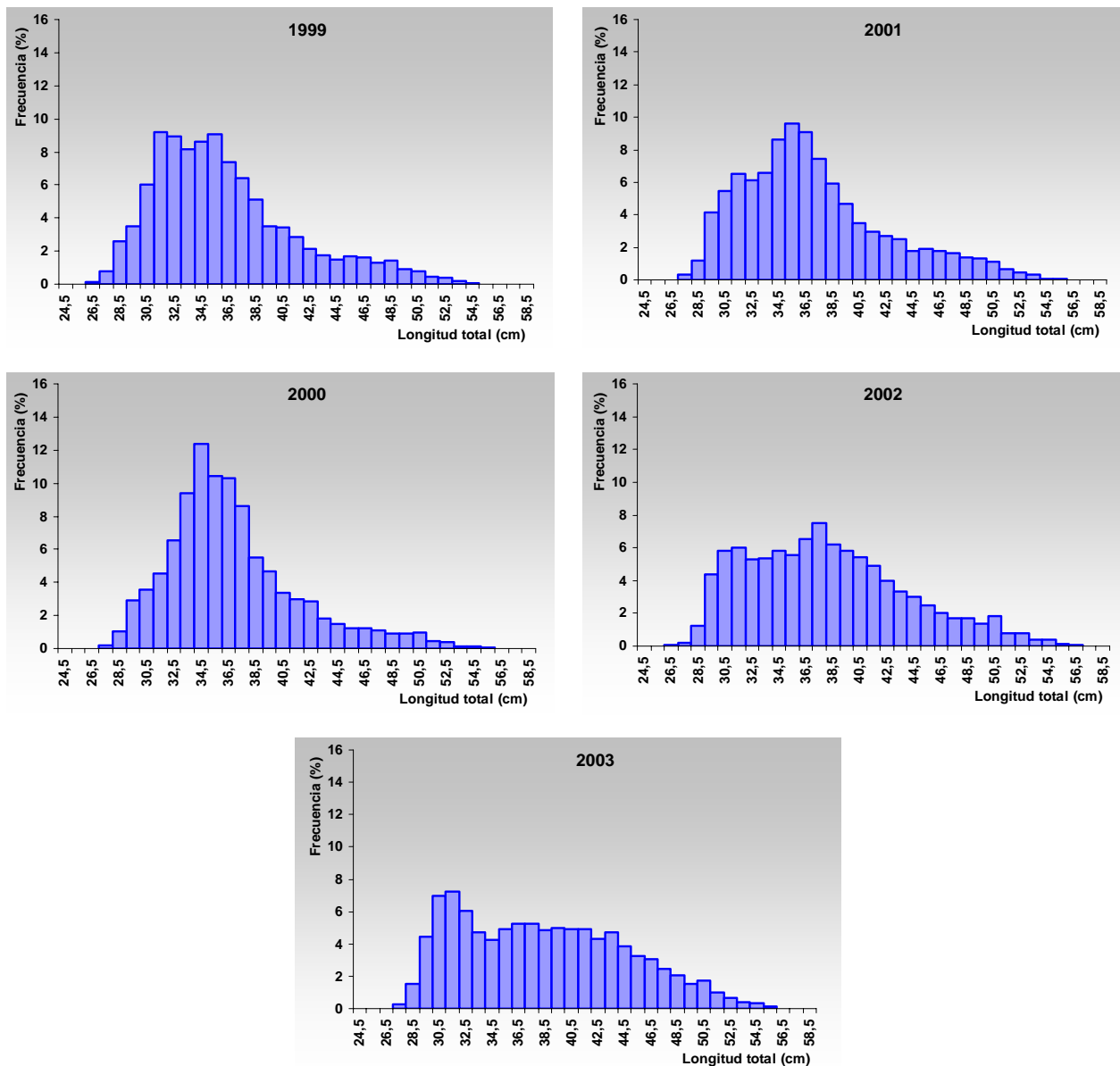


Figura 3.20 (cont.). Voraz del Estrecho de Gibraltar: Distribuciones de talla (1999-2003).

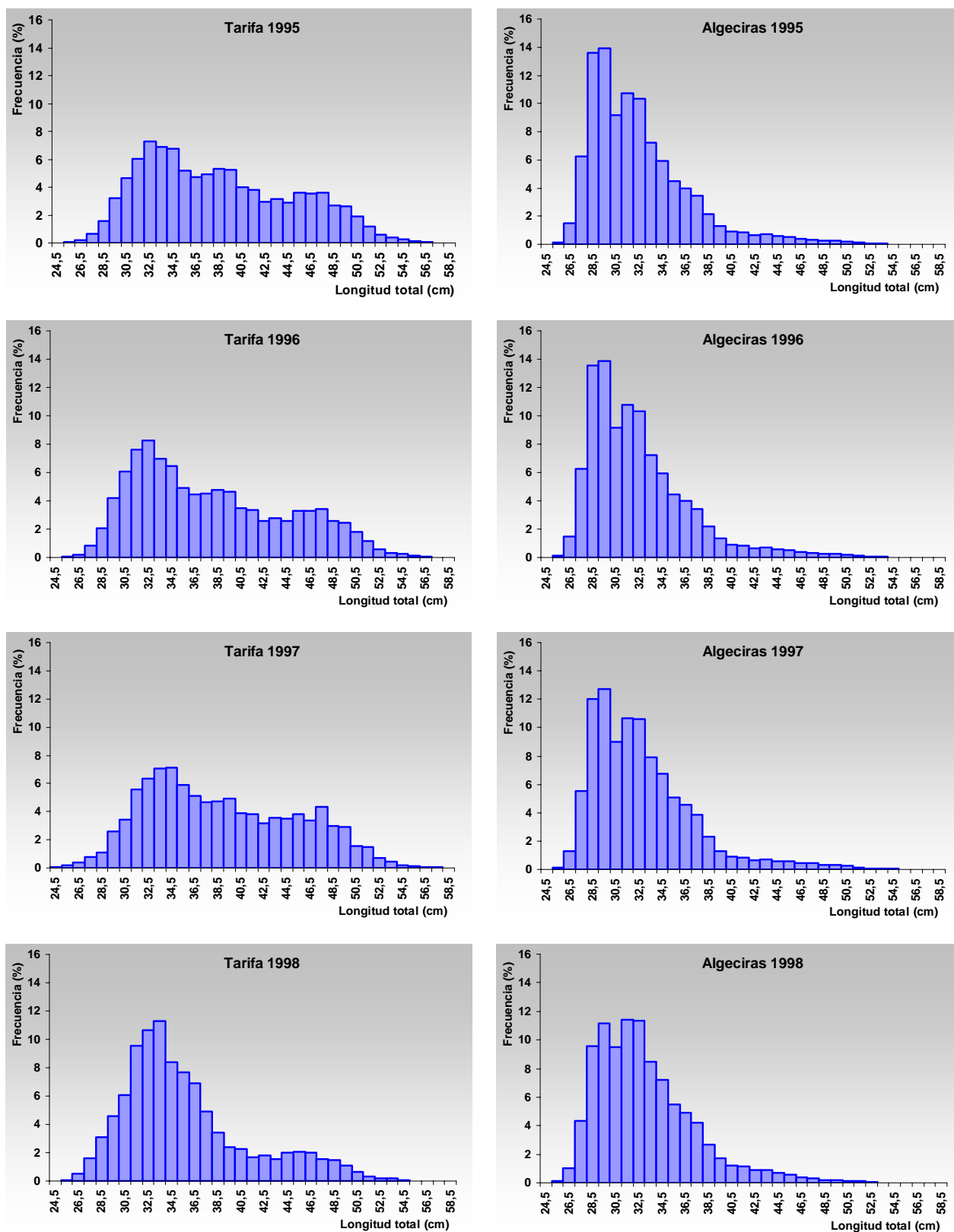


Figura 3.21. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Distribuciones de talla por puerto de desembarco (1995-1998).

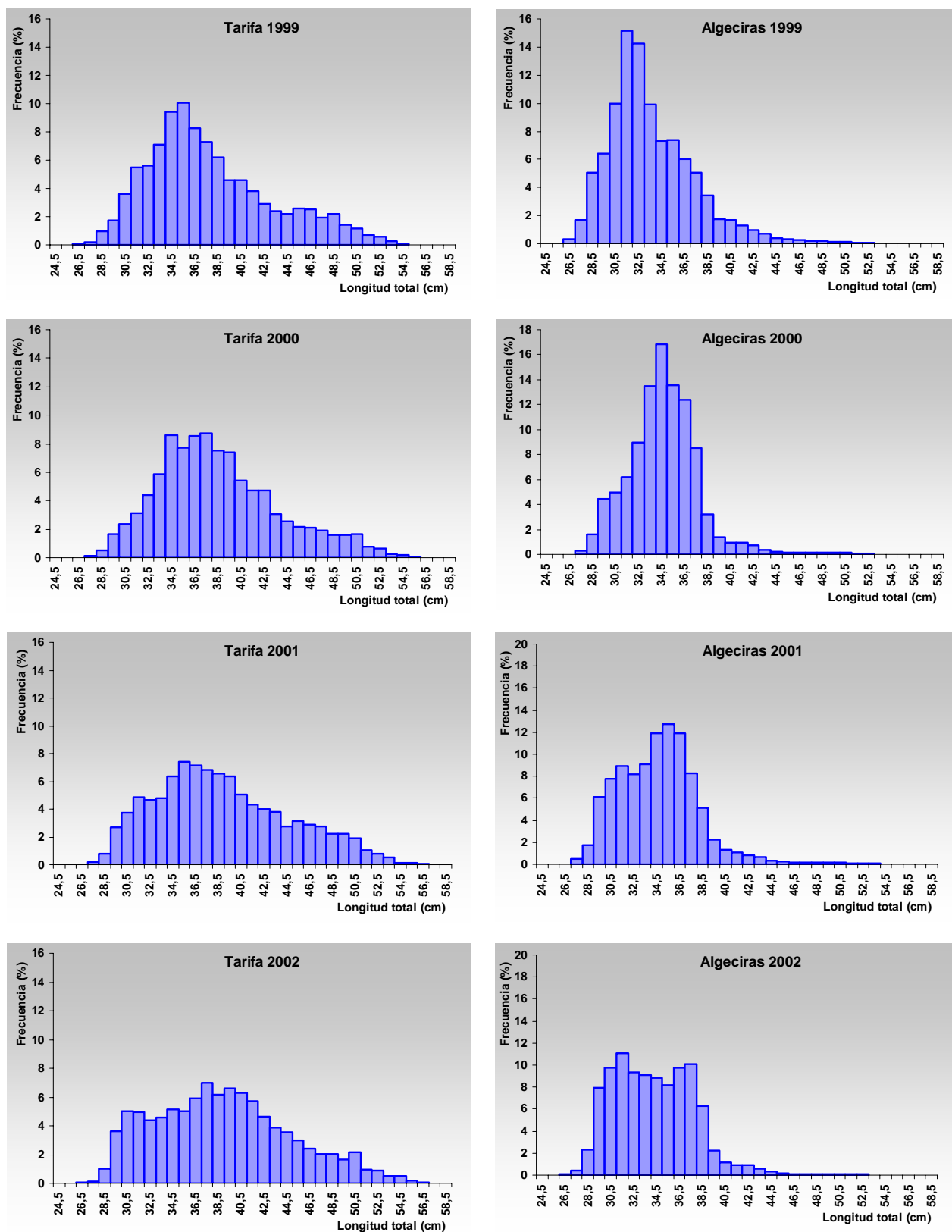


Figura 3.21 (cont.). Voraz del Estrecho de Gibraltar: Distribuciones de talla por puerto de desembarco (1999-2002).

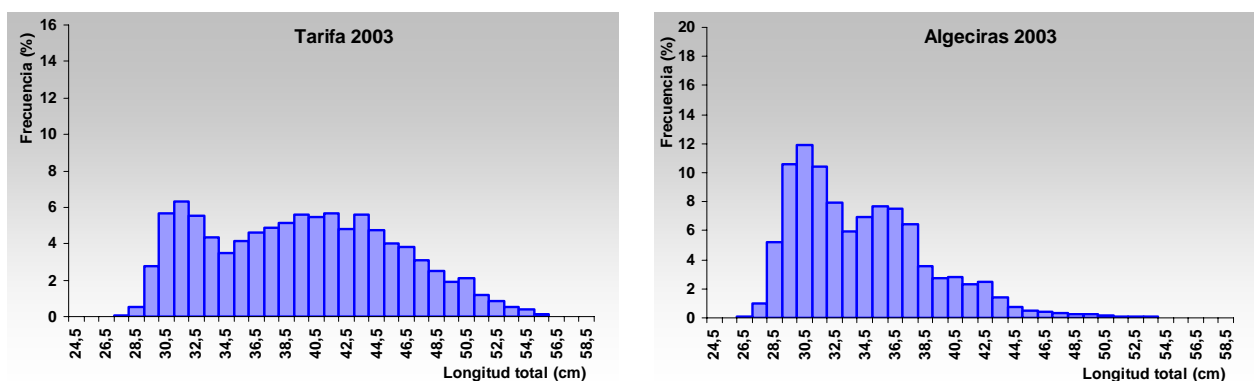


Figura 3.21 (cont.). Voraz del Estrecho de Gibraltar: Distribuciones de talla por puerto de desembarco (2003).

Tabla III.VI. Talla media (cm) de las capturas de voraz: Total y por puerto de desembarco (1983-2003).

Año	Total	Tarifa	Algeciras
1983	41,7	-	-
1984	41,9	-	-
1885	40,8	-	-
1986	41,1	-	-
1987	40,8	-	-
1988	40,8	-	-
1989	40,9	-	-
1990	38,4	-	-
1991	39,9	-	-
1992	40,1	-	-
1993	40,0	-	-
1994	39,9	-	-
1995	36,7	38,5	32,4
1996	36,7	37,9	32,4
1997	36,0	38,9	32,7
1998	34,3	35,7	33,1
1999	36,2	37,9	33,6
2000	36,8	38,6	34,7
2001	37,1	38,9	34,6
2002	38,1	38,9	34,3
2003	38,4	39,5	34,3

Observamos también diferencias en las tallas medias de las capturas obtenidas en cada puerto. Mientras que la flota de Tarifa captura ejemplares de mayor talla media, la flota de Algeciras incide más sobre los ejemplares de menor talla.

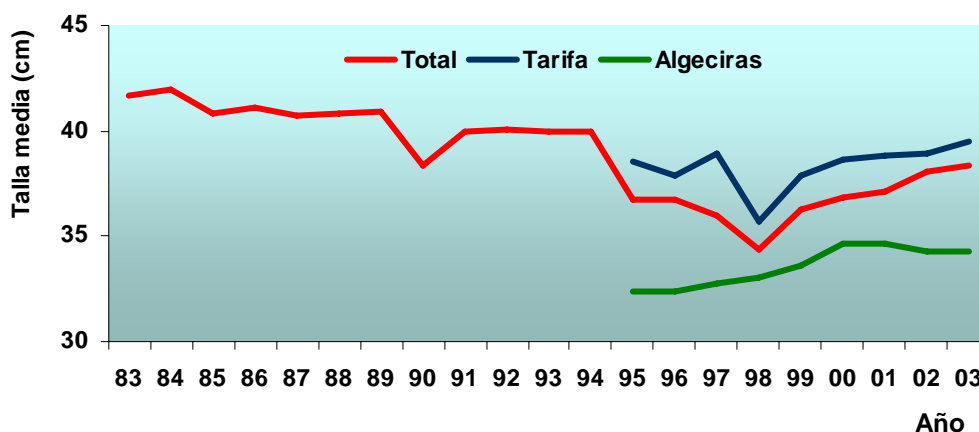


Figura 3.22. Evolución anual de la talla media de la captura de voraz (1983-2003).

Estas diferencias en las distribuciones de tallas de ambas localidades, podrían explicarse por las diferentes zonas donde faenan, y el propio proceso de reclutamiento y migración que sufre la especie hasta su total incorporación a la pesquería. El voraz juvenil procedente de la zona surmediterránea, se incorpora primero a los caladeros próximos a Algeciras, como ha quedado patente en distintas campañas de marcado realizadas sobre esta especie (Gil *et al.*, 2001).

En casi todas las pesquerías, una señal simple de explotación intensa es un cambio en la talla de los peces (Gulland y Rosenberg, 1992). La tendencia inicial de disminución de la talla media de la captura se detiene en 1998, incrementándose ésta a partir de 1999 con la implantación de las medidas de regulación vigentes, en especial la concerniente a la talla mínima de desembarco.

También cabe resaltar el efecto combinado entre la diferencia de tallas que explota cada segmento de la flota sobre los rendimientos en número (CPUE como relación del número de ejemplares por marea de pesca) reflejado en la Figura 3.23. Por ejemplo, en el año 1998, la flota que desembarcó en Algeciras obtuvo un rendimiento en peso de un 42% superior a la flota de Tarifa. Si traducimos ese peso a número de ejemplares, mientras que la flota de Algeciras obtenía unos rendimientos medios de 135 ejemplares por marea, ese valor para la flota de Tarifa fue de 75.

La introducción de medidas reguladoras en la pesquería, como la talla mínima, ha reducido el número de ejemplares desembarcados por marea en los últimos años de análisis, especialmente en el puerto de Algeciras. Así, en los dos últimos años se alcanzan los valores más bajos de la serie considerada: 80 y 83 ejemplares/venta, respectivamente.

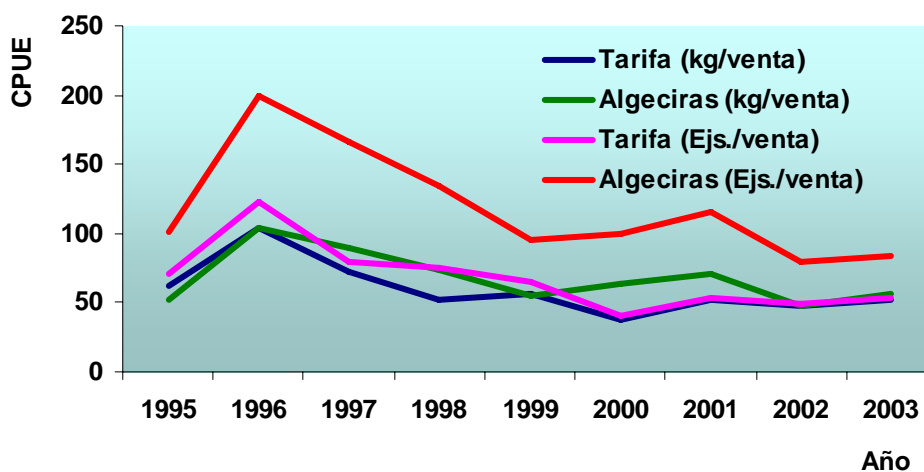


Figura 3.23. CPUE (en peso y número de ejemplares) de Tarifa y Algeciras (1995-2003).

3.4. CONCLUSIONES

En este capítulo hemos examinado la totalidad de datos procedente de la actividad pesquera de la flota voracera del Estrecho de Gibraltar, proceso previo e indispensable a la hora de abordar cualquier actividad de evaluación. Por sí mismos, estos análisis no constituyen ninguna evaluación, tal y como entendemos ésta en dinámica de poblaciones. Sin embargo, puede detectarse en la población explotada algún tipo de señal provocada por un cambio en la intensidad de pesca.

Estas señales pueden ser de distinta clase: Cambios en la abundancia y/o en la estructura de la población explotada. Cambios en la CPUE reflejarían cambios en la abundancia del recurso, mientras que una reducción relativa de los ejemplares más grandes debido a un aumento de la intensidad de explotación, y por tanto, una mayor mortalidad, implicaría diferencias en las distribuciones de talla (Gulland y Rosenberg, 1992).

A pesar de que aún queda mucho por aprender sobre las especies de profundidad, sabemos que éstas son particularmente vulnerables a la sobrepesca a causa de su lenta capacidad reproductiva. De hecho, ICES advierte que actualmente varios stocks de especies de profundidad están fuertemente explotados y en algunos casos gravemente agotados.

Tras estas consideraciones previas, el análisis de la información concerniente a la actividad de la flota voracera en el Estrecho de Gibraltar disponible, sugiere el alcance de las siguientes conclusiones:

- La flota voracera está formada por un grupo de embarcaciones bien definido, constituyendo un componente de flota *per se*, tanto en sus características técnicas, como en los tipos de marea que desempeñan. Los principales puertos base, por orden de importancia, son Tarifa, Algeciras y Ceuta. De los 145 barcos autorizados en los tres últimos años, han ejercido su actividad un promedio de 112 embarcaciones.
- Es evidente el bajo nivel de capturas registrado durante los últimos años. El promedio de capturas de los tres últimos años de estudio (cercano a 200 t) no llega al 25% del máximo de la serie histórica obtenido en 1994 (854 t).
- Respecto al esfuerzo pesquero ejercido, la evolución del número de ventas muestra una tendencia parecida a las capturas: Incremento en los primeros años de desarrollo

de la pesquería hasta alcanzar un máximo en el año 1997. Posteriormente se invierte la tendencia, hasta estabilizarse los valores en los tres últimos años (por debajo de las 4000 ventas). Sin embargo, esta reducción del esfuerzo puede no reflejar la realidad de la pesquería, al incrementarse en estos años el esfuerzo perdido, no registrado, consecuencia de la mala salud del recurso explotado.

- Tras la relativa estabilidad de los rendimientos pesqueros (kg/venta) de los primeros años de la serie, a partir de 1997 se observa una disminución de éstos hasta estabilizarse en un promedio de 52 k/venta (2001-2003). Este valor promediado de los tres últimos años supone una reducción del 50% de la CPUE máxima de la serie alcanzada en el año 1996. De igual modo que con la unidad de esfuerzo, las CPUEs de los últimos años deben interpretarse con prudencia debido al incremento del esfuerzo perdido.

- Tras un importante descenso de la talla media de captura en el periodo 1995-1998, en los últimos años se ha observado un incremento gradual de la talla media anual, pasando de 36,8 cm en el 2000 a 38,4 cm en el 2003. Sin embargo, existen diferencias entre los rangos de talla explotados por las flotas de Algeciras y Tarifa: Teniendo en cuenta que, a partir del año 2003, la talla de primera captura para esta especie está establecida en 33 cm, podemos decir que durante ese año el 21% de los ejemplares capturados en Tarifa están por debajo de la talla legal, mientras que en Algeciras casi la mitad de la captura está por debajo de la misma (47%).

- Se ha considerado la población de voraz del Estrecho de Gibraltar un stock suficientemente definido. Desgraciadamente, por el momento no disponemos de información de capturas de la flota artesanal de Marruecos que faena en aguas del Estrecho. Además, y como dato a tener en cuenta en estudios posteriores, debemos destacar la evolución de los desembarcos del puerto de Conil de la Frontera: 27 t y 62 t en los años 2002 y 2003, respectivamente. La flota conileña pesca el voraz al Oeste del banco Majuán, fuera del ámbito de aplicación del Plan de Pesca de la pesquería de esta especie en el Estrecho de Gibraltar. Sin embargo, habría que considerar estas capturas parte del mismo stock, ya que tenemos constancia de la recaptura de al menos un ejemplar, procedente de las campañas de marcado, en aguas donde faena la flota de Conil.

- Actualmente, la pesquería debe considerarse en un nivel de plena explotación, y el declive de ésta a partir de 1997 ha llevado a la adopción de medidas de ordenación

encaminadas, tanto a la recuperación del recurso, como a la sostenibilidad del mismo. La adopción de medidas de regulación (barcos autorizados, días de pesca y cierre temporal de la pesquería) parece en consonancia con la filosofía de la Comisión Europea sobre la disminución del esfuerzo pesquero en pesquerías de profundidad en aguas atlántico europeas. Por ello, cualquier tipo de medida encaminada a la reducción, o al menos congelación, del esfuerzo pesquero efectivo ha de ser bienvenida en virtud de la crítica situación del recurso.



4. BIOLOGÍA

*Quién podría vivir en la tierra
sí no fuera por el mar.*
Luís Cernuda

4.1. INTRODUCCIÓN

Tal vez el ser humano al adquirir conciencia de su inteligencia se maravilló ante la existencia, complejidad y organización del resto de seres vivos. La observación de los sistemas orgánicos, su funcionamiento, comportamiento y sus intrincadas relaciones es algo que deja sin aliento a quien su curiosidad impulsa a adentrarse en estos pormenores. La Ciencia representa para muchos el mayor logro del intelecto humano. A través de su estructura de conocimientos y métodos tratamos de modelar, con mayor o menor fortuna, un sin número de fenómenos que de manera cotidiana pueden presentarse ante nosotros. La Biología es la rama de las Ciencias Naturales que estudia las leyes de la vida. Como tal, estudia los organismos y su clasificación (taxonomía), forma (morfología), funciones (fisiología) y factores hereditarios (genética).

A pesar de existir referencias más antiguas, pertenecientes a las civilizaciones egipcia y china, es frecuente establecer los albores de la biología marina en la figura de Aristóteles (384 a 322 antes de Cristo). Éste, aunando su propia experiencia con la sabiduría popular, alcanzó un amplio conocimiento sobre las criaturas del Mar Mediterráneo estableciendo diversas teorías sobre la clasificación, anatomía y reproducción de éstas, revelando ya entonces, por ejemplo, el carácter mamífero de los cetáceos. Algo más tarde, durante el Renacimiento, autores como Gesner (1516-1565) y Rondelet (1507-1556) publicaron ilustraciones de peces, entre otros animales, procedentes de los pescadores. En estas creativas láminas, llenas de fantasía y creatividad, no faltaban además serpientes y gigantescos cefalópodos (*kraken*) entre otros seres monstruosos pertenecientes a la mitología de mares y océanos. Estos conocimientos no pasaban, a menudo, de ser un cúmulo de observaciones superficiales e incluso anecdóticas. Posteriormente, la revolución científica del siglo XVII también incluyó el mundo marino comenzando a resolverse muchas incógnitas acerca de éste. Obra del naturalista sueco Carlos Linneo (1707-1778), surge también el sistema binomial de clasificación de los organismos, género y especie que se convirtió rápidamente en el procedimiento habitual para la definición científica de especies animales y vegetales. Ya en el siglo XIX la biología marina, del mismo modo que el resto de las ciencias, sufre un espectacular progreso con la inauguración de varios laboratorios costeros, estaciones zoológicas y museos oceanográficos amén de la realización de innumerables expediciones científicas. Acabada la Segunda Guerra Mundial el auge tecnológico permitió estudios más intensos de mares y océanos, que afortunadamente siguen llevándose a cabo en la actualidad.

Los recursos marinos vivos, como cualquier otro organismo, nacen, crecen, se reproducen y mueren. Este proceso vital se desarrolla de forma diferente según las características particulares de cada especie.

En biología pesquera la estimación y análisis de estos parámetros específicos, constituyen una herramienta habitual en la ordenación de las pesquerías ya que ésta ha de basarse, como mínimo, en el conocimiento de dos unidades: la biológica (el recurso explotado) y la extractiva (la flota pesquera). Por lo tanto, resultados sobre aspectos de la biología reproductora (la talla de primera maduración, la época de puesta, la fecundidad) y del crecimiento, aportan una información muy útil a la hora de proponer y adoptar las medidas de gestión del recurso más adecuadas.

A causa de su importancia pretérita y actual, en el Mar Cantábrico e Islas Azores, respectivamente, es posible encontrar diferentes labores de investigación publicadas concernientes a la biología del voraz. Sin embargo, hasta la fecha, la población del Estrecho de Gibraltar presentaba una casi total ausencia de éstas.

En este capítulo detallaremos la información disponible sobre la biología de la especie objetivo de esta Tesis Doctoral. Además de cubrir aquellos aspectos de utilidad inmediata en biología pesquera, se aportará información más general sobre la especie en cuestión con el fin de, primero, permitir el conocimiento de la dinámica de la población sometida a explotación pesquera, y segundo, ofrecer resultados sobre la biología del voraz del Estrecho de Gibraltar hasta ahora desconocidos. La información analizada procede de dos fuentes principales: muestreos biológicos de ejemplares procedentes de las lonjas de Tarifa y Algeciras y experiencias de marcado-recaptura de voraces juveniles y adultos.

Debido a la ausencia de trabajos anteriores en este área, los resultados obtenidos se han contrastado con la bibliografía existente sobre la especie, con atención especial a los estudios realizados sobre la población de las Islas Azores por ser la más cercana geográfica y temporalmente.

4.2. MATERIAL Y MÉTODOS

El análisis de los aspectos biológicos del voraz se ha abordado desde el análisis minucioso de ejemplares procedentes de la población en estudio. Desde junio de 1997 hasta junio de 1998 el Instituto Español de Oceanografía (IEO) comenzó la adquisición de muestras mensuales de las distintas categorías comerciales en el puerto de Tarifa. Este muestreo se reanudó de noviembre de 1998 a febrero de 1999, especialmente sobre aquellos individuos de las clases de talla menores de la población explotada desembarcados principalmente en Algeciras. Además, también se han realizado muestreos biológicos sobre ejemplares de tallas no comerciales procedentes de las campañas de marcado. El número de ejemplares muestreados, total y mensual, así como el rango de tallas, se detalla en la Tabla IV.I.

Tabla IV.I. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Intensidad de muestreo y rango de talla total al centímetro inferior.

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
N. ejemplares	142	39	101	42	69	50	50	186	47	48	145	122	1041
Talla inferior (cm)	24	28	15	28	28	28	24	12	24	28	11	25	11
Talla superior (cm)	48	38	53	52	50	54	44	38	38	45	42	44	54

En los muestreos biológicos se toma de cada ejemplar:

- longitud total, en milímetros, medida sobre un ictiómetro, definida como la dimensión máxima medida alineando el lóbulo más largo de la aleta caudal con el eje medio del pez (longitud total máxima). Ésta es la dimensión de la longitud a medir recomendada por el Consejo Internacional para la Exploración del Mar (CIEM-ICES) y la Comisión Internacional de Pesquerías del Atlántico Noroeste (CIPAN-NAFO) para todas las especies, excepto túnidos y salmónidos, tras su reunión de 1965. Esta norma es seguida en la mayoría de las pesquerías del Atlántico Norte y desde entonces, ha sido aceptada por la mayor parte de los países miembros del ICES para casi todas las especies, aunque todavía no es de uso universal (Anon., 1982).
- peso total y eviscerado, en gramos, mediante una balanza con precisión de 1 gramo. Los datos de talla pueden convertirse en peso, y viceversa, usando una relación talla-peso que se obtiene en base a ambas medidas. La relación general talla-peso para los peces es curvilínea de la forma:

$$P = a \cdot L^b$$

La ecuación indicada puede ser transformada en una recta tomando logaritmos naturales en ambos miembros:

$$\ln P = \ln a + b \ln L$$

Los valores de a y b se determinan, por lo general, por el método de los mínimos cuadrados con los datos logarítmicos disponibles de la talla y el peso de un número suficientemente grande de peces de varios tamaños (Anon., 1982).

- determinación del sexo y estado de maduración gonadal. El sexo (indeterminados, machos, hembras o hermafroditas) se ha determinado macroscópicamente. Todos los ejemplares menores de 25 centímetros de longitud total se han considerado indeterminados. El estado de maduración gonadal ha sido asignado conforme a una escala empírica de cinco estados propuesta por Holden y Raitt en 1974 (Tabla IV.II).

Los ejemplares hermafroditas fueron subdivididos en tres categorías, machos o hembras funcionales y hermafroditas inmaduros, dependiendo del estado de maduración de cada una de sus gónadas (Krug, 1994). A partir de esta clasificación se redistribuyeron conforme a su sexo funcional.

Tabla IV.II. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Escala de maduración gonadal a partir de observaciones macroscópicas (según Holden y Raitt, 1974).

Machos	EMS	Hembras
Testículos pequeños y delgados de color blanquecino.	I - INMADURO	Ovarios pequeños y delgados. Traslúcidos y sin ovocitos visibles.
Testículos de pequeño tamaño.	II - EN DESARROLLO	Ovarios de pequeño tamaño. Presencia de ovocitos opacos.
Testículos de color blanco más gruesos y formados.	III - PREPUESTA	Ovarios de color rojo anaranjado con ovocitos opacos visibles.
Testículos de color blanco y aspecto lechoso. El esperma fluye fácilmente con una ligera presión abdominal.	IV - PUESTA	Ovarios que ocupan gran parte de la cavidad abdominal. Vascularizados, con ovocitos hidratados, maduros y grandes, listos para la puesta. Los ovocitos fluyen fácilmente con una ligera presión abdominal.
Reducción notable de las gónadas que presentan aspecto laxo y vacío. Testículos de color blanco oscurecido, con vestigio de hemorragias.	V - POSTPUESTA	Reducción notable de las gónadas que presentan aspecto laxo y vacío. Ovarios de color rojo oscuro con restos de ovocitos que no han alcanzado la maduración y degeneran (atrésicos).

- peso de la gónada, en gramos, obtenido con una balanza electrónica de precisión (0,01 g).
- extracción y conservación de gónadas (en formaldehído al 4%) y otolitos (en seco).

4.2.1. Reproducción

La proporción de sexos se obtuvo directamente de la observación macroscópica de las gónadas de los ejemplares muestreados. El análisis de los resultados se ha realizado tanto por intervalo de talla (centímetro) como de tiempo (mes). Hemos escogido la relación del número de machos respecto al de hembras (Kartas y Quignard, 1984) para la expresión de la proporción global.

Para la estima de la talla de inversión sexual se ha seguido la metodología propuesta por Saphiro en 1984, que aísla el rango de tallas en el que se produce el solapamiento de machos y hembras, al ser éste dónde se encuentran los individuos que cambian de sexo. La mediana de esta nueva distribución de tallas corresponderá con la talla de inversión.

El Índice Gonadosomático (IGS) mensual medio ha sido calculado a partir de tres ecuaciones diferentes:

$$IGS_1 = \frac{\text{Peso Gónada (g)}}{\text{Peso Eviscerado (g)}} * 100 \text{ (Alcaraz et al., 1987)}$$

$$IGS_2 = \frac{\text{Peso Gónada (g)}}{\text{Peso Total (g) - Peso Gónada (g)}} * 100 \text{ (Balguerías, 1993)}$$

$$IGS_3 = \frac{\text{Peso Gónada (g)}}{\text{Peso Total (g)}} * 100 \text{ (King, 1995)}$$

Los resultados mensuales medios, para machos y hembras, obtenidos en cada relación se han contrastado mediante un análisis de la varianza de una sola vía ANOVA I (Zar, 1984), en busca de diferencias significativas entre éstos.

Con el fin de estimar posibles fluctuaciones estacionales de la tasa media de engorde, por acumulación de reservas, relacionadas con el periodo de puesta, se ha calculado el Factor de Condición (FC) mensual medio mediante dos relaciones diferentes del peso y talla totales del pez. Previamente, se calcularon las relaciones

propuestas por clase de talla y estado de maduración gonadal, para así poder contrastar la independencia de éstos respecto a la talla y madurez de los ejemplares.

$$FC_1 = \frac{PF}{aL^b} \text{ (Le Cren, 1951)}$$

$$FC_2 = \frac{PF}{L^3} * 10^n \text{ (Kartas y Quignard, 1984)}$$

donde FC es el Factor de Condición, PF el peso fresco total en gramos y L la longitud total en centímetros. En la ecuación propuesta por Le Cren, *a* y *b* corresponden con los parámetros de la relación talla-peso de la especie, mientras que *n* en la ecuación de Kartas y Quignard, es un exponente que reduce el número de decimales de la expresión final. En nuestro caso, los parámetros *a* y *b* proceden de la relación talla-peso estimada para la especie en la presente Memoria y asumimos un valor de *n*=3, al considerar que el crecimiento en peso es proporcional al cubo de la longitud.

Los valores obtenidos se han comparado mediante un análisis de la varianza de una sola vía ANOVA I (Zar, 1984), en busca de diferencias significativas. En caso de que éstas se produjeran, las desigualdades se han examinado con el test de Tukey (Yandell, 1997).

La Talla de Primera Madurez (*L*₅₀) se ha estimado mediante el ajuste por mínimos cuadrados a la función logística del porcentaje de ejemplares maduros (EMS III a V), procedentes de la época de puesta, por intervalo de talla (al centímetro inferior), previa transformación logarítmica de ésta a una recta. Se fijaron las proporciones a partir de una determinada talla, 35 cm en machos y 41 cm en hembras, asumiendo que la población es capaz de reproducirse a partir de estas tallas y los casos de inmaduros observados se deben a diferencias temporales (King, 1995).

Las ojivas de maduración sexual se calcularon para machos y hembras. La ecuación utilizada para el ajuste de la ojiva por clase de talla fue:

$$P_i = \frac{1}{(1 + e^{a+bL_c})} \text{ (Pope et al., 1983)}$$

donde *P_i*: probabilidad de madurez; *L_c*: longitud total (cm), *a* y *b*: parámetros de regresión.

Para la Edad de Primera Madurez (A_{50}) se utilizó el porcentaje de individuos sexualmente maduros por clase de edad de un año, ajustándolos a la función logística, propuesta para las tallas, por mínimos cuadrados.

$$P_i = \frac{1}{(1 + e^{a+b\text{Edad}})}$$

Una vez hallados los parámetros a y b de cada una de las expresiones, se despejaron la talla y la edad para los valores de 25%, 50%, 75% y 90% de individuos maduros. De esta manera, se estimaron los parámetros L_{25} , L_{50} , L_{75} y la talla de maduración masiva (L_{90}) para machos y hembras. En el caso de la edad, se calcularon los parámetros A_{25} , A_{50} , A_{75} y la edad de maduración masiva (A_{90}), también para machos y hembras, de gran interés en los estudios de evaluación de recursos pesqueros.

4.2.2. Histología del ovario. Fecundidad

Tanto para los estudios histológicos de descripción del desarrollo de la gónada femenina, como para los de fecundidad, es necesaria la previa fijación de las gónadas para proceder a su posterior inclusión y corte histológico. El protocolo desarrollado se describe a continuación (Andrade *et al.*, 2001):

- **Fijación:** se fijaron los ovarios en formaldehído al 4% tamponado con agua de mar (Hunter *et al.*, 1985). Posteriormente, como preparación al proceso de inclusión, se realizaron dos lavados consecutivos de aproximadamente 30 minutos cada uno en agua destilada.
- **Deshidratación e Inclusión:** la deshidratación de las muestras en hidroxietilmetacrilato (Historesin®) fue llevada a cabo de la manera que sigue:

Deshidratación

Etanol (v/v) 70%	2 horas
Etanol (v/v) 96%	2 horas
Etanol (v/v) 100%	1 hora

Preinclusión

Etanol 100% / Solución A (1:1)	2 horas
--------------------------------	---------

Inclusión

Las muestras se cubrieron totalmente con la Solución A y se esperó hasta que se depositó en el fondo (24 a 48 horas). La Solución A o solución de infiltración está compuesta de 50 ml de resina básica (Hidroxi-etil-metacrilato) y 0,5 g de activador (Peróxido de benzoilo)

Polimerización

Las muestras se colocaron en moldes de plástico con 1 ml de Solución B dejándose polimerizar en la estufa a 31-32 °C de temperatura durante 2 a 3 días. La Solución B o solución de inclusión esta compuesta de 15 ml de solución de infiltración (A) y 1 ml de endurecedor (derivado del ácido barbitúrico). Una vez concluido el proceso de polimerización, las muestras se adhirieron a soportes de madera adaptables al microtomo.

- Secciones: De cada bloque de hidroxi-etil-metacrilato se obtuvieron secciones de ovario de unas tres micras de grosor cortadas con un microtomo Leica Jung Supercut®. Posteriormente, las secciones obtenidas fueron teñidas con azul de toluidina.

Para el estudio de la histología general del ovario, se empleó un microscopio óptico Leica®. Las secciones de cada estadio de madurez, establecido macroscópicamente (EMS I a V), fueron analizadas y fotografiadas mediante una cámara fotográfica acoplada al ocular del microscopio.

Así, el análisis de la fecundidad del voraz del Estrecho de Gibraltar se ha acometido por medio de métodos estereológicos. La técnica utilizada es la desarrollada por Laird y Priede en 1986, en ovarios de caballa (*Scomber scombrus*): Análisis porcentual de los diferentes tipos de ovocitos (previtelogénicos, vitelogénicos y maduros) presentes en las secciones analizadas. La selección, conteo y medida de los ovocitos, se ha hecho de la misma manera, excepto que en este estudio la pantalla del ordenador ha sustituido a las fotografías usadas para la estima de fecundidad de la caballa. Así, el conteo y medidas de los ovocitos se han hecho sobre un área definida en el monitor del ordenador.

Este método permite la estima del número de ovocitos independientemente de su estado de desarrollo. Por tanto, en realidad es una cuantificación de ovocitos que iniciarán el proceso de la vitelogénesis mediante el conteo del número de éstos

presentes en cada una de las 9 áreas, de 25*25 mm de superficie, seleccionadas aleatoriamente en las secciones preparadas con el procedimiento ya descrito. La cuantificación del número de ovocitos por área, se realizó mediante análisis de imagen con el software *Optical Pattern Recognition System* (OPRS, Biosonics).

La ponderación al número total se realiza con la ayuda de una hoja de cálculo Microsoft Excell® diseñada a tal efecto por Laird y Priede que conjuga: el número de ovocitos por área, la distribución de frecuencias de diámetros obtenidos a partir de una muestra aleatoria de 100 medidas, la superficie del área muestreada, el grosor del corte histológico y el peso de la gónada. Así alcanzamos una estima mejorada del número de ovocitos que sufrirán el proceso de vitelogénesis al ser independiente del estado de desarrollo de los mismos.

Se seleccionaron sólo 36 ovarios maduros (EMS III a IV) procedentes de hembras adultas entre 31 y 38 cm de longitud total. Las gónadas se subdividieron en tres partes correspondientes a las porciones proximal, media y distal, con el ánimo de comprobar si existían diferencias significativas, mediante ANOVA I (Zar, 1984), en la estima del número de ovocitos según la porción de la que procedieran.

Una vez comprobado, sobre 5 de las 36 gónadas totales, que no había diferencias significativas entre las porciones de cada ovario, sólo se estimó la fecundidad de los restantes a partir de las áreas y secciones de la porción media de éstos.

4.2.3. Crecimiento

El conocimiento de la edad real de los peces es primordial para resolver los problemas inherentes a su vida histórica tales como longevidad, tasa de crecimiento y edades de madurez. Es esencial determinar la edad de los peces para la comprensión de la dinámica de la población de una especie (Anon., 1982).

La asignación de edades a clases de talla puede alcanzarse, principalmente, mediante cuatro técnicas metodológicas que resumimos a continuación:

- Lectura de estructuras de crecimiento: En latitudes templadas diferencias estacionales del crecimiento, se reflejan en la formación de diferentes anillos en los tejidos óseos de los peces, asociados a sus respectivos periodos de crecimiento rápido y lento. Los anillos opacos y traslúcidos de otolitos y huesos se presentan alternadamente y por tanto, siempre que se correspondan con un periodo anual, su

lectura permite determinar la edad del ejemplar del que han sido extraídos. Es la técnica más extendida aunque, evidentemente, sujeta a la subjetividad intrínseca del lector, por lo que, se hacen necesarias dos lecturas de al menos, otros tantos lectores.

- Experiencias de marcado y recaptura: Es un método directo para la estima de tasas de crecimiento. Puede llevarse a cabo, tanto con elementos identificativos externos asentados sobre estructuras no vitales de los individuos, como mediante sustancias químicas marcadoras de tejidos óseos, o a través de una conjunción de ambas. Problemas asociados a esta técnica son la ignorancia de cómo posibles alteraciones individuales causadas por el proceso de marcado y la propia marca influyen sobre el crecimiento, recapturas insuficientes, etcétera.
- Cría en cautividad: Es un método directo como el anterior, pero su principal inconveniente radica en su inherente artificialidad. La manipulación de muchas de las variables que afectan al desarrollo de los ejemplares, como la alimentación y las condiciones ambientales, pueden alterar las tasas de crecimiento obtenidas experimentalmente.
- Análisis de frecuencia de tallas: La idea original surgió de Petersen en 1892, quien asume que las diferentes clases modales identificables en una distribución de tallas, representativa de la población en estudio, corresponderán a las tallas medias de las diferentes edades de ésta. El análisis de las distribuciones de frecuencia de tallas y su evolución en el tiempo, permite realizar un seguimiento de las diferentes cohortes presentes y así posibilita el establecimiento de una magnitud de crecimiento durante un intervalo de tiempo conocido. Conforme recorremos las edades las clases modales se hacen menos patentes solapándose las tallas correspondientes a unas y otras clases de edad. La causa es la ralentización del crecimiento y la disminución, por causas naturales, del número de ejemplares de las clases de edad mayores.

La determinación de la edad de los voraces del Estrecho de Gibraltar, procedentes de los muestreos biológicos, se ha realizado mediante la lectura de otolitos *sagitta* enteros con la ayuda de una lupa binocular (Morales-Nin, 1987). El material analizado procede de ejemplares adquiridos mensualmente en las Lonjas, de Tarifa y Algeciras, durante 1997-1999. Los otolitos de las tallas no comerciales corresponden a aquellos voraces de las campañas de marcado que a la vista de las condiciones que presentaban, consideramos que no sobrevivirían al proceso de

marcado. Tras el pertinente muestreo biológico, en el laboratorio se extraían los pares de otolitos de cada ejemplar y se conservaban secos hasta su lectura (Piñeiro *et al.*, 1996).

Veinticuatro horas antes de cada primera lectura, los otolitos se sumergían en una solución de agua timolada y glicerina, al objeto de aclarar los anillos de crecimiento (Piñeiro *et al.*, 1996). Las proporciones de agua timolada y glicerina son de 70% y 30%, respectivamente. Para obtener un litro de agua timolada se disuelve un gramo de timol en un poco de etanol y colmamos con agua destilada. Para la segunda lectura se utilizó únicamente agua como líquido de inmersión, al contar ya los otolitos con proceso de aclarado previo.

Se asignó como fecha de nacimiento el primero de enero, ya que de forma convencional se establece esta fecha para aquellas especies del hemisferio norte que realizan su puesta entre enero y abril (Morales-Nin, 1987). A cada par de otolitos se asocia un número de anillos (edad) y el tipo de borde, opaco o hialino, que presenta (estacionalidad del crecimiento) mediante la visualización con una lupa binocular a 10x4 aumentos. Fueron realizadas dos lecturas por dos personas y en periodos de tiempo diferentes a fin de tener un total de cuatro lecturas por cada par de otolitos.

En base a las lecturas coincidentes, puede elaborarse la clave talla-edad (ALK) correspondiente. Así, pueden estimarse las tallas medias por clase de edad usando el punto medio de cada clase de talla. Estas tallas medias se utilizan para la estima de los parámetros de crecimiento, según el modelo de crecimiento propuesto por Von Bertalanffy en 1934, de acuerdo con la metodología sugerida por Beverton y Holt (1957):

$$L_t = L_{\infty} \left(1 - e^{-k(t-t_0)}\right) \text{ (Von Bertalanffy, 1934)}$$

El valor de L_{∞} se ha fijado ajustándolo a la talla más alta observada en los muestreos mensuales de talla sobre los desembarcos comerciales: 58 cm en la población del Estrecho de Gibraltar. Utilizamos el programa FISHPARM (Saila *et al.*, 1988) que mediante el algoritmo de Marquardt's (1963) ajusta las tallas medias por clase de edad por el método de mínimos cuadrados a la función de crecimiento propuesta.

Para comprobar si existían diferencias significativas entre las ALKs obtenidas (de tres o dos lecturas coincidentes), se efectuó un contraste de las tallas medias por clase de edad mediante un T test (Zar, 1984). Además, las diferencias entre las curvas

de crecimiento de Von Bertalanffy obtenidas se testaron con el test propuesto por Chow en 1960. Éste no es más que una aplicación del F test, comúnmente utilizado para analizar cambios estructurales en algunos, o todos, los parámetros de un modelo de regresión. Para dos grupos de datos como es nuestro caso (tres o dos lecturas coincidentes) se requiere la suma de cuadrados procedentes de tres regresiones: una por cada grupo (SS_i) y otra para los datos agrupados (SS_{pool}):

$$Chow = \frac{SS_{within} / d.f.}{SS_{error} / d.f.} = \frac{SS_{pool} - \sum SS_i / 3}{\sum SS_i / \sum n_i - 2k} \approx F_{k, n_1 + n_2 - 2k} \quad (\text{Chow, 1960})$$

Otra manera de plantear la estima de los parámetros de crecimiento del voraz del área de estudio, fue a través de los datos de las recapturas procedentes de las campañas de marcado. El método utilizado es el propuesto por Gulland y Holt (1959), Munro (1982) y Fabens (1965). Del total de recapturas, obtenidas hasta el 31 de diciembre de 2003, sólo tuvimos en cuenta aquellas en las que se produjo un incremento de talla en el intervalo transcurrido entre el marcado y su recaptura, 164 en total.

Estimamos los parámetros de crecimiento, L_∞ y k , mediante las expresiones:

$$\frac{\Delta L}{\Delta t} = k * L_\infty - k * \bar{L}_t \quad (\text{Gulland y Holt, 1959})$$

$$k = [L(L_\infty - L_m) - L(L_\infty - L_r)] / (t_r - t_m) \quad (\text{Munro, 1982})$$

$$E = \sum (L_r - L_r')^2 \quad L_r' = L_m + (L_\infty - L_m) * (1 - e^{-k \Delta t_i}) \quad (\text{Fabens, 1965})$$

Nuevamente, el valor de L_∞ puede fijarse ajustándolo a la talla más alta, 58 cm, procedente de los muestreos de tallas mensuales de la población. Utilizamos el programa FISAT II (Gayanilo *et al.*, 2003) que tiene implementados los algoritmos correspondientes de cada una de las expresiones.

Los parámetros y la curva de crecimiento resultantes se han comparado con los obtenidos por otros autores, para la misma especie en otras áreas de distribución, mediante el test «phi-prima» por contraste de los diferentes índices del rendimiento global del crecimiento (ϕ'), según la fórmula:

$$\phi' = \log_{10} k + 2 \log_{10} L_\infty \quad (\text{Munro y Pauly, 1983})$$

Para los estudios de retrocálculo (relación talla del ejemplar-medida del otolito) se tomaron las medidas máximas y centradas de los otolitos mediante análisis de imagen con el software *Optical Pattern Recognition System* (OPRS, Biosonics). Las medidas sólo se realizaron en aquellos otolitos con tres lecturas coincidentes y en buenas condiciones. Las posibles diferencias entre las medidas correspondientes al otolito izquierdo y derecho de cada ejemplar, se testaron también mediante un contraste de medias T test (Zar, 1984). Los pares de valores resultantes se han ajustado a un modelo de crecimiento alométrico del tipo:

$$L = aMO^b$$

donde L es la longitud total del ejemplar (mm), MO la medida del otolito (mm), *a* y *b* los parámetros de regresión.

4.2.4. Migraciones

El estudio de los movimientos del voraz se ha realizado a partir de los datos aportados por las recapturas de ejemplares notificadas hasta el 31 de diciembre de 2003. Éstas proceden de diferentes campañas de marcado:

- Dos Campañas de Marcado de juveniles: Estepona 1997 y Sotogrande 1998.
- Dos Campañas de Marcado de adultos: Tarifa 2001 y Tarifa 2002.

En todas, el proceso de marcado fue similar, variando sólo el arte de pesca utilizado. Una vez los voraces a bordo, se medían al milímetro inferior, con ayuda de un ictiómetro, cada uno de los ejemplares considerados aptos para el proceso de marcado. A continuación, se les aplicaba la marca identificativa, tipo *t-bar*, mediante una pistola de marcado, *Mark II Scissor Grip*, sobre el lomo, entre la línea lateral y la aleta dorsal. La marca lleva impreso: número de la marca, dirección y teléfono de contacto de la Estación Oceanográfica de Cádiz (IEO). Tras haber tomado nota del código de la marca, talla y observaciones pertinentes, los ejemplares se devolvían a su entorno natural. De esta manera, cada número de marca lleva asociado la talla del ejemplar, así como la posición, profundidad y fecha de captura y posterior suelta (Gil *et al.*, 2001).

Tan importante como el propio marcado es la puntual notificación de las recapturas, por lo que se efectuó una campaña informativa paralela, principalmente con carteles, en aquellas zonas más susceptibles de que se produjeran dichas

recapturas. De esta manera, contamos con la desinteresada colaboración del sector (pescadores profesionales y deportivos, cofradías de pescadores, lonjas, etc.), que puntualmente nos notifican el número de la marca del ejemplar recapturado, localidad y fecha de la recaptura y, en ocasiones, la talla del ejemplar.

El área de trabajo de las dos primeras campañas de marcado de juveniles, fue la región surmediterránea española, frente a las costas de Estepona y Sotogrande. El motivo de la elección fue la consideración de ésta como zona de cría y alevinaje de la especie. El arte de pesca utilizado fue la nasa, a fin de dañar lo mínimo posible los ejemplares capturados. La primera campaña se desarrolló del 18 al 28 de agosto de 1997, con la colaboración de la embarcación «Punta Pescadores», dedicada a la pesca de peces con nasa. La segunda campaña tuvo lugar del 18 al 27 de agosto de 1998, a bordo de la embarcación «Manolo el Millonario». Durante ambas campañas se calaron hasta 60 nasas distribuidas en varios tendidos (2 ó 3) que se revisaban diariamente. De esta manera existía la posibilidad de cambiar el lugar de calado de los tendidos si la pesca se consideraba poco productiva. Cada tendido estaba compuesto por unas 20 a 25 nasas, cebadas con sardina, amarradas a una línea madre que se mantenía en el fondo mediante un rezón en cada chicote, al que iba amarrado también la boya para señalizar la posición de los tendidos en la superficie. Las profundidades de calado oscilaron entre los 45 y 103 m. Mientras la tripulación del barco recuperaba las nasas, vaciaba el contenido en cubierta, reemplazaba el cebo y armaba de nuevo el arte, se realizaban las labores de marcado. En el caso de presentarse voraces en la captura, al venir normalmente en pequeños cardúmenes, éstos se introducían en una cubeta con agua de mar preparada a tal efecto. Luego, se procedía con el proceso de marcado descrito anteriormente.

Para un mejor conocimiento de los posibles desplazamientos de la población adulta, sobre la que se ejerce la actividad extractiva, se han llevado a cabo dos Campañas de Marcado de adultos en el Estrecho de Gibraltar. Ambas se realizaron a bordo de la embarcación voracera «El Melena», a lo largo de 14 jornadas de pesca en cada una de las campañas, en varios de los caladeros donde habitualmente faena la flota voracera comercial. El puerto de Tarifa era el punto de inicio y retorno de cada una de las jornadas de marcado. En cada una de ellas se realizaban tantos lances como permitiera la fuerza de la marea y el tiempo atmosférico. En cada lance se calaban 2 ó 3 aparejos (voraceras) con 80-100 anzuelos cebados con sardina. Las profundidades de calado de los aparejos oscilaron entre los 179 y los 522 m, dependiendo evidentemente del caladero donde se desarrollaran las faenas

pesqueras. En cada lance, tras la recogida de cada aparejo, los voraces capturados se introducían en los viveros de los que disponía la embarcación, a fin de procurar una mejor recuperación de los ejemplares a marcar. Posteriormente, tras liberarlos del anzuelo, se marcaban del mismo modo que en las campañas precedentes.

En la Tabla IV.III se reflejan las características principales de las diferentes campañas de marcado de voraces realizadas.

Tabla IV.III. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Campañas de Marcado. Características principales.

Campaña	Rango de profundidad	Nº ejemplares marcados	Rango de talla
Estepona 97	45-90 m	1590	13-28 cm
Sotogrande 98	60-103 m	1428	12-27 cm
Tarifa 01	179-485 m	979	21-52 cm
Tarifa 02	192-522 m	623	21-48 cm
Total	45-522 m	4620	12-52 cm

4.2.5. Mortalidad total y natural

En biología pesquera la forma común de expresar la reducción en abundancia que sufre una clase de edad desde su nacimiento, pasa por sus tasas exponenciales de disminución (Pauly, 1985).

De forma directa, se ha estimado la tasa instantánea de mortalidad total (Z) tras el análisis de los datos de las experiencias de marcado y recaptura, mediante la siguiente ecuación:

$$\ln N_r = a + br' \quad (\text{Pauly, 1984})$$

donde N_r es el número de recapturas, r' el intervalo de tiempo en el que éstas se han producido, a y b los parámetros de la regresión lineal.

La regresión lineal del número de recapturas obtenidas cada 100 días a partir de las experiencias de marcado, da como resultado una recta cuya pendiente es una estima de la tasa instantánea de mortalidad total (Z). La estima de estos valores concierne al intervalo de tiempo considerado, por lo que para obtener un valor anual es necesario multiplicar éstos por cuantos intervalos contenga un año. El análisis de las recapturas se ha realizado, tanto de forma independiente (ejemplares de las campañas de marcado de juveniles y adultos separadamente), como combinada (total de las recapturas). Además, en cada caso se ha tenido en cuenta el total de

recapturas y también aquellas recapturas con más de 100 días de permanencia en la mar.

La estimación de la tasa instantánea de mortalidad natural (M), puede basarse en la identificación de índices asumidos como proporcionales a ésta y cuyo cálculo resulta más sencillo. A través de diferentes relaciones de la tasa instantánea de mortalidad natural con otros parámetros biológicos y/o ambientales podemos llegar a estimar M.

$$M = \frac{5}{T_{\text{Máx}}} \quad (\text{Beverton y Holt, 1959})$$

$$M = \frac{3}{T_{\text{Máx}}} \quad (\text{Tanaka, 1960})$$

donde $T_{\text{Máx}}$ es la edad del individuo más viejo de una población no explotada o sometida a ligera explotación.

$$M = \frac{2,996 k}{2,996 + kt_0} \quad (\text{Taylor, 1958})$$

$$M = \frac{1,521}{T_{50}^{0,72}} - 0,155 \quad (\text{Rikhter y Efanov, 1976})$$

siendo T_{50} la edad de primera maduración.

$$\log_{10} M = -0,0066 - 0,279 \log_{10} L_{\infty} + 0,6543 \log_{10} k + 0,4634 \log_{10} T \quad (\text{Pauly, 1980})$$

El valor de T es el correspondiente a la temperatura media anual, en grados centígrados, del agua en la que vive la población. Esta relación puede aplicarse para poblaciones que habitan en aguas entre 5 y 30 °C. Para aquellas especies formadoras de cardúmenes conviene reducir el valor estimado, al estar éste sobrestimado, multiplicándolo por 0,8 (Pauly, 1980 y 1985).

Para la población del voraz del Estrecho de Gibraltar hemos empleado una temperatura media del agua de mar de 14 °C aportada por el Departamento de Ecología de la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad de Cádiz (Cózar, *com. pers.*). Asimismo, el valor estimado de M se ha multiplicado por el factor corrector (0,8) para especies con tendencia a su agregación.

Para las diferentes estimas de mortalidad natural, hemos utilizado el paquete informático FISAT II de FAO y su correspondiente manual de usuario (Gayanilo *et al.*, 2003).

Por último, a fin de tener una idea de la duración natural de la vida de la especie (longevidad) en función de cada estima de M hemos utilizado la expresión propuesta por Alagaraja (1984):

$$T_e = \ln 0,01/M = 4,605/M$$

donde T_e es la longevidad de la especie.

4.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.3.1. Reproducción

Las especies marinas presentan gran diversidad morfológica, que también aparece en sus órganos y estrategias reproductoras. En los peces encontramos desde gonocorismo a hermafroditismo, fecundación interna a externa, oviparismo a viviparismo...

El hermafroditismo, individuos con gónada masculina y femenina durante alguna parte de su vida, es frecuente en los espáridos. Las gónadas de los peces hermafroditas se diferencian como órganos bisexuales, en los que coexisten dos regiones heterosexuales separadas, ovárica y testicular, que se desarrollan y funcionan de forma secuencial (D'Ancona, 1949; Alekseev, 1982). Hablamos pues de un hermafroditismo asincrónico o secuencial, pues ambas gónadas nunca son funcionales simultáneamente. En hermafroditas protándricos la región masculina de la gónada alcanza primero la madurez siendo, por tanto, gran parte de la población joven machos funcionales. Con posterioridad, los testículos degeneran mientras que la porción femenina de la gónada madura funcionando estos ejemplares como hembras el resto de su vida. En hermafroditas protoginos ocurre el proceso contrario, funcionan primero como hembras madurando después la porción masculina de la gónada. Las bases fisiológicas y genéticas de la sexualidad en hermafroditas no son del todo conocidas, habiéndose formulado hipótesis que defienden una programación genética del cambio de sexo a una determinada talla y/o edad, mientras otras dan más importancia a una inducción por factores sociales y/o medioambientales (Saphiro, 1984).

En el voraz encontramos individuos con ambos tipos de gónadas, masculina y femenina, durante alguna parte de su vida. Buena parte de los ejemplares presentan hermafroditismo durante las edades más jóvenes y algunos en edades mayores, aunque también se pueden encontrar ejemplares definidos sexualmente aumentando su proporción con la talla y edad. Esta situación ha intentado ser explicada por distintos autores sin existir unanimidad ni en los criterios ni en las conclusiones. Ya en 1910, Williamson da cuenta de la presencia de individuos hermafroditas de esta especie, y definió un hermafroditismo potencial en el que sólo una parte de la población es hermafrodita funcional.

Olivier en 1927 postula que el hermafroditismo es propio de individuos juveniles. Divide a los pocos adultos que lo presentan en dos tipos: Individuos con un par de gónadas, masculina y femenina, unidas entre sí y en el mismo estado de maduración, a cada lado del cuerpo. Y además, algo que resulta extraño y no ha vuelto a encontrar ningún autor, individuos con ambos tipos de gónadas separadas, ovario en la parte derecha y testículo en la parte izquierda, con igual maduración de sus productos sexuales. Estos individuos fueron considerados por Castro en 1990, como casos anormales de desarrollo de ambos sexos.

En 1929, Le Gall apunta el hermafroditismo de la especie. De igual manera que Williamson, propone que esta cualidad es funcional en un 10 % y potencial en el 90 % de los individuos. Éstos últimos evolucionan hacia un hermafroditismo sucesivo, alternancia de uno u otro sexo, como respuesta a las características del medio y al comportamiento fisiológico del pez.

Posteriormente Quero (en Alcaraz *et al.*, 1987) propone el hermafroditismo protándrico de esta especie. Sin embargo, Sánchez (1983) prefiere la denominación de bisexual a la de hermafrodita para aquellos individuos que presentan ambos tipos de gónadas. Según su opinión, estos ejemplares bisexuales no poseen capacidad reproductora, considerándolos un estado transitorio en el proceso de determinación sexual.

En nuestro caso, hemos obviado consideraciones semánticas, clasificando la población del voraz en cuatro tipos de ejemplares en base a la presencia y estado de desarrollo de sus gónadas a nivel macroscópico, especialmente en aquellos casos que presentaban simultáneamente ovarios y testículos:

- Indeterminados: Aquellos ejemplares, generalmente de pequeña talla, sin gónada aparente que imposibilita su determinación sexual a simple vista.
- Machos funcionales: Ejemplares que presentan, bien únicamente testículos o bien ambas gónadas, pero con la gónada masculina más desarrollada que la femenina.
- Hembras funcionales: Ejemplares que presentan únicamente ovarios, u ovarios y testículos. Sin embargo, como en el caso anterior, pero de forma contraria, la gónada femenina está más desarrollada que la masculina por lo que deben considerarse hembras a todos los efectos.

- Hermafroditas: Presentan la gónada masculina y femenina en igual estado de desarrollo incapacitando la determinación sexual funcional de una u otra.

Esta clasificación no es más que una variación de la propuesta para esta especie por Krug en 1990, a partir de lo observado en *Pagellus acarne* por Lamrini en 1986. Denominan intersexuales a aquellos ejemplares con presencia de ambas gónadas en los que se observan tres fases de desarrollo (Krug, 1994): Testículos funcionales con tejido ovárico inactivo (Mf), gónadas en las que testículo y ovario tienen más o menos el mismo tamaño, pero sin parte funcional definida (mf) y ovarios funcionales con tejido testicular degenerado (mF). Por tanto en nuestro estudio a la hora de la determinación sexual de los ejemplares, hemos tenido sólo en cuenta la funcionalidad de sus gónadas para la distribución de éstos en los cuatro tipos propuestos.

El voraz no presenta un dimorfismo sexual externo y para sexar cada ejemplar es necesario abrir su cavidad abdominal para observar las gónadas. Testículos y ovarios son claramente diferentes y distinguibles. La proporción trimestral de sexos del total de individuos muestreados aparece en la Tabla IV.IV., donde se han suprimido los ejemplares indeterminados al no aportar éstos ninguna información relevante. Queda patente la diferente distribución de frecuencias, y sus correspondientes porcentajes, entre los resultados obtenidos en todo el periodo de muestreo y aquellos pertenecientes sólo al primer trimestre. Como veremos más adelante, en este primer trimestre se localiza el periodo reproductivo de la población y por lo tanto, la asignación funcional del sexo resulta más sencilla al estar en los ejemplares hermafroditas una de las gónadas claramente desarrollada.

Tabla IV.IV. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Proporción de sexos total y por trimestre.

Sexo	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4	Total
Machos	167 (60%)	21 (13%)	16 (11%)	113 (39%)	317 (36%)
Hembras	80 (29%)	76 (48%)	34 (23%)	90 (31%)	280 (32%)
Hermafroditas	32 (11%)	63 (39%)	100 (67%)	84 (29%)	279 (32%)

La Tabla IV.V presenta la frecuencia y porcentaje de machos, hembras y hermafroditas de los ejemplares muestreados por rango de talla de 5 cm. El porcentaje mayor de individuos hermafroditas lo encontramos entre los 30 y 34 cm, predominando en las tallas inferiores los machos y en las superiores las hembras.

Tabla IV. V. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Proporción de sexos por rango de talla.

Sexo / Talla (cm)	25-29	30-34	35-39	>39	Total
Machos	101 (46%)	125 (31%)	60 (39%)	31 (32%)	317 (36%)
Hembras	40 (18%)	113 (28%)	71 (47%)	56 (58%)	280 (32%)
Hermafroditas	80 (36%)	169 (42%)	21 (14%)	9 (9%)	279 (32%)

La relación del número de machos respecto a las hembras (Kartas y Quignard, 1984) es de 1,13 para todo el año y de 2,09 durante el primer trimestre. Tal vez, la segunda relación parece más apropiada al haberse asignado los sexos correctamente, evitando confusiones con los ejemplares hermafroditas que en época de reposo sexual complican la determinación de su sexo funcional. Sin embargo, ambas pueden estar sobrestimadas a causa de la mayor intensidad de muestreo sobre ejemplares de menor talla de la población en estudio. Por ello, si analizamos las relaciones obtenidas en el primer trimestre por rango de talla, obtenemos: 11,00; 2,86; 1,07 y 0,67 para los rangos de talla de 25-29 cm, 30-34 cm, 35-39 cm y >39 cm, respectivamente. Así, observamos como según aumentan su talla, la relación propuesta va disminuyendo al incrementarse el número de hembras presentes en los ejemplares muestreados.

La evolución mensual de la proporción de sexos se presenta en la Figura 4.1. El número de machos comienza a incrementarse a partir del último trimestre y alcanza su máximo en el mes de febrero. La proporción de hembras no sobrepasa el 50% ningún mes, obteniéndose los valores más altos durante el segundo trimestre. Proporciones altas de hermafroditas aparecen en el tercer trimestre, coincidiendo con el período de pospuesta, que coincidiendo con la fase de reposo sexual parece el más apropiado para que se produzcan las transiciones sexuales de macho a hembra. De este modo, los ejemplares tendrían tiempo suficiente, tras la inversión sexual, para que maduren sus gónadas antes de la puesta que se realizaría el primer trimestre del año siguiente.

La Figura 4.2 muestra la proporción de sexos por rango de talla. El análisis de los datos obtenidos se ha realizado a partir de ejemplares procedentes del primer trimestre del año, para reducir las altas proporciones de hermafroditas, que bien pudieron confundirse el resto del año con una fase de reposo sexual de alguna de las gónadas, complicando la correcta asignación a los tipos propuestos. Asimismo, los ejemplares menores de 25 cm no han sido tenidos en cuenta al no ser posible asignarles el sexo *de visu*.

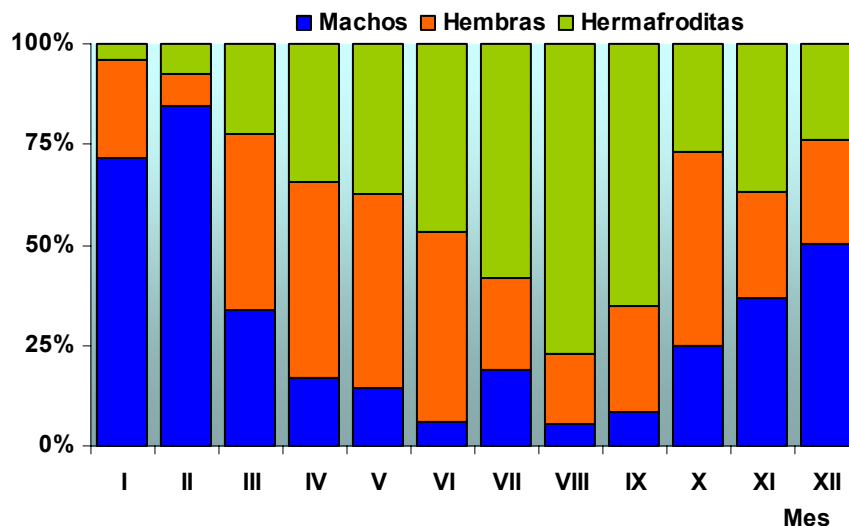


Figura 4.1. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Proporción de sexos mensual.

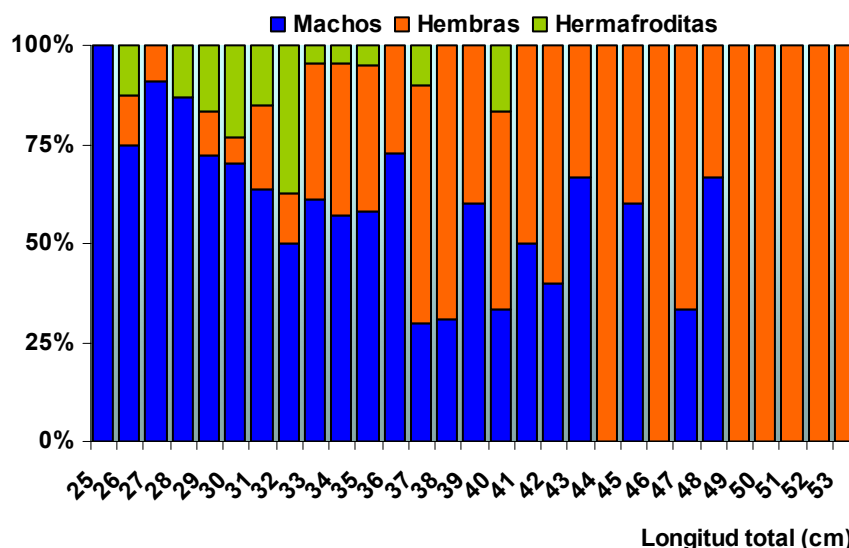


Figura 4.2. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Proporción de sexos por clase de talla en ejemplares muestreados durante el primer trimestre.

La evolución de la proporción de sexos parece fiel reflejo de una especie hermafrodita protándrica. A partir de 25 cm de longitud aparecen proporciones altas de machos funcionales. Conforme los ejemplares van aumentando su talla, los sexos van disminuyendo las proporciones de machos funcionales incrementándose el número de hembras, a pesar de la presencia de machos, a partir de los 36 cm de longitud total. Llama la atención la alta proporción de machos de talla superior a los 40 cm. No estamos en disposición de determinar bien las causas, aunque más que una situación

natural parece deberse a un sesgo en el proceso de muestreo, al ser más escaso el número de ejemplares de mayor talla.

La interpretación que hacen los diferentes autores sobre la sexualidad del voraz, ateniéndose a las consideraciones ya expuestas, es que se trata de una especie básicamente hermafrodita pero funcionalmente gonocórica. En otras palabras, estaríamos ante una especie que parte del hermafroditismo y evoluciona hacia el gonocorismo (Alcaraz *et al.*, 1987). El caso de la población objeto de esta Memoria parece coincidir con los del resto de autores, especialmente con lo obtenido por Krug (1990; 1994) y Mendonça (1998) para la población de las Islas Azores. Los individuos jóvenes son, en su mayoría, hermafroditas, desarrollándose primero como machos funcionales. Sin embargo, también encontramos hembras en estas clases de talla menores, que por tanto, lo serán toda su vida. De igual manera, se encuentran machos en clases de talla más grandes, claro indicativo de ejemplares que no han sufrido, y ya no sufrirán, proceso de inversión sexual permaneciendo como machos funcionales a lo largo de su ciclo vital. Según esto, en la población podemos encontrar: Machos adultos en los que no se ha verificado la transición sexual, pequeñas hembras que se transformarán en hembras adultas y por último, machos que pasarán a intersexuales (hermafroditas) y posteriormente a hembras (Krug, 1994). Situaciones semejantes han sido observadas en el espárido *Pagellus acarne* (Lamrini, 1986) y el gonostomatídeo *Gonostoma elongatum* (Fisher, 1983).

Para estimar la Talla de Inversión Sexual, separamos la distribución de frecuencias de talla, machos y hembras, en la zona de solapamiento (Saphiro, 1984). De nuevo, decidimos utilizar sólo aquellos ejemplares del primer trimestre del año. La elección del rango de tallas de solapamiento es más ardua, debido a la presencia de individuos de ambos sexos prácticamente a lo largo de todo el rango de tallas muestreado. Finalmente, nos decantamos por el intervalo comprendido entre los 26 y 39 cm de longitud total, asumiendo errores de muestreo en las clases de talla superiores a 40 cm. Así, el valor de la mediana se sitúa en 32,5 cm de longitud total, que correspondería a la talla en la que se produce el cambio de sexo funcional de macho a hembra (Figura 4.3).

La reproducción de las especies ícticas, de igual manera que la del resto de vertebrados, es una manifestación cíclica y periódica. En los teleósteos es de carácter mayoritariamente anual y está regida, tanto por factores genéticos, como por variaciones estacionales de las condiciones ambientales, en especial de la

temperatura del agua (Balguerías, 1993). La determinación del periodo reproductor del voraz del Estrecho de Gibraltar se ha basado en la evolución mensual de:

- Los Estados de Maduración Sexual (EMS) de las gónadas masculina y femenina.
- Los diferentes Índices Gonadosomáticos obtenidos (IGS_1 , IGS_2 e IGS_3) que relacionan distintos pesos de cada ejemplar con el de su gónada.
- Los Factores de Condición propuestos (FC_1 y FC_2) que permiten estimar modificaciones estacionales de la tasa media de engorde.

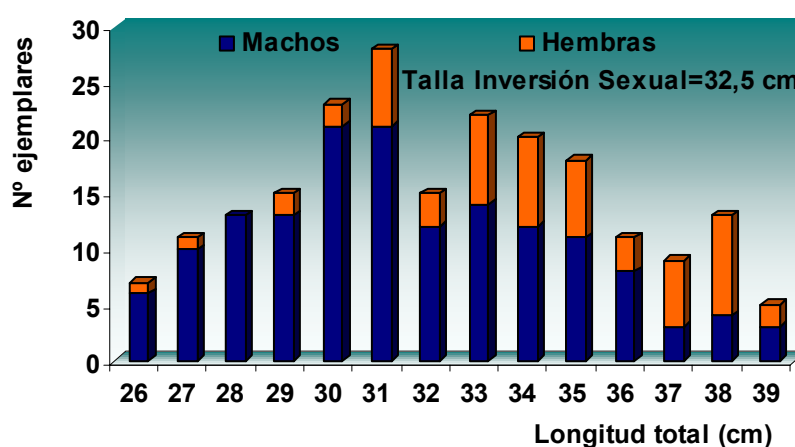


Figura 4.3. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Determinación gráfica de la talla de inversión sexual siguiendo el método de Saphiro (1984).

En los machos, los testículos empiezan a madurar en diciembre y se siguen observando proporciones altas de ejemplares maduros hasta el mes de marzo (Figura 4.4). Para las hembras también es alta la proporción de gónadas maduras durante el primer trimestre del año (Figura 4.5).

Estos resultados aparecen también reflejados en la evolución mensual de los Índices Gonadosomáticos (Figuras 4.6 y 4.7). En ambos sexos, el valor más alto en cada uno de los tres índices obtenidos, aparece en el mes de enero, decreciendo los valores a lo largo del primer trimestre, para estabilizarse a partir de abril (época de reposo sexual), volviendo a despuntar los valores de éste con la llegada del invierno. La evolución del Índice Gonadosomático es la misma, independientemente de la relación elegida, ya que no existen diferencias significativas entre los diferentes valores estimados ($p > 0,05$).

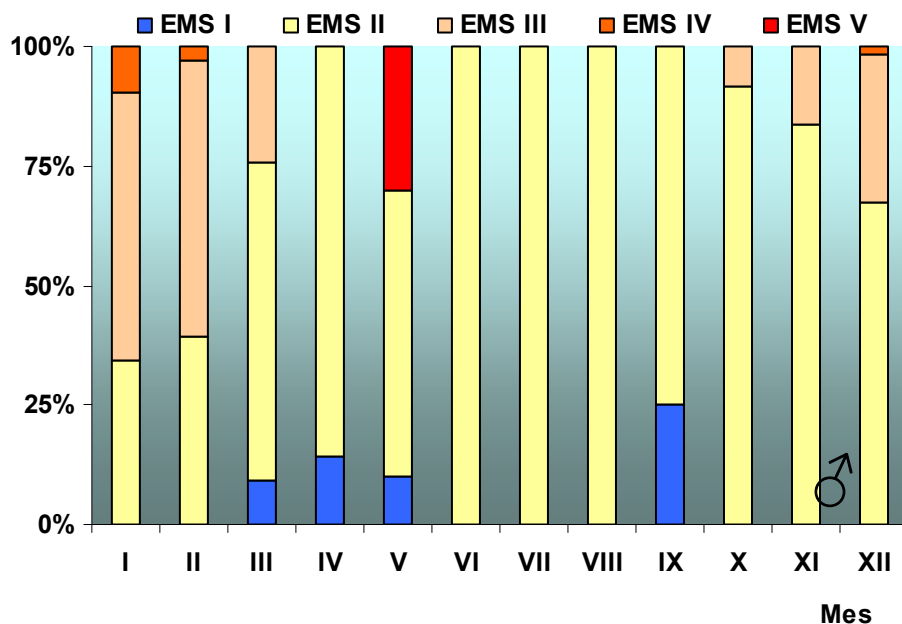


Figura 4.4. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Proporción mensual de estados de maduración de la gónada masculina. EMS I (Inmaduro), EMS II (Desarrollo), EMS III (Prepuesta), EMS IV (Puesta) y EMS V (Postpuesta).

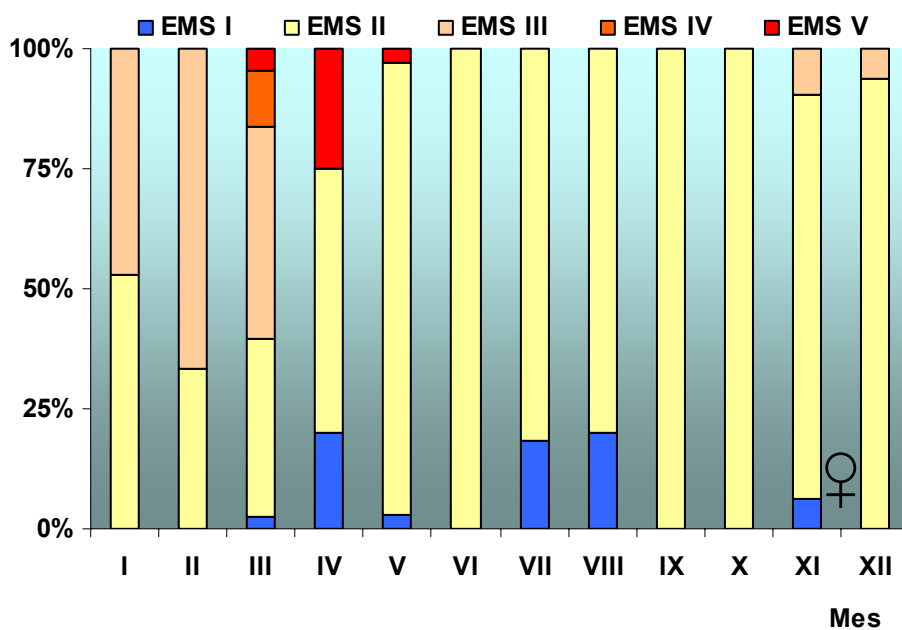


Figura 4.5. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Proporción mensual de estados de maduración de la gónada femenina. EMS I (Inmaduro), EMS II (Desarrollo), EMS III (Prepuesta), EMS IV (Puesta) y EMS V (Postpuesta).

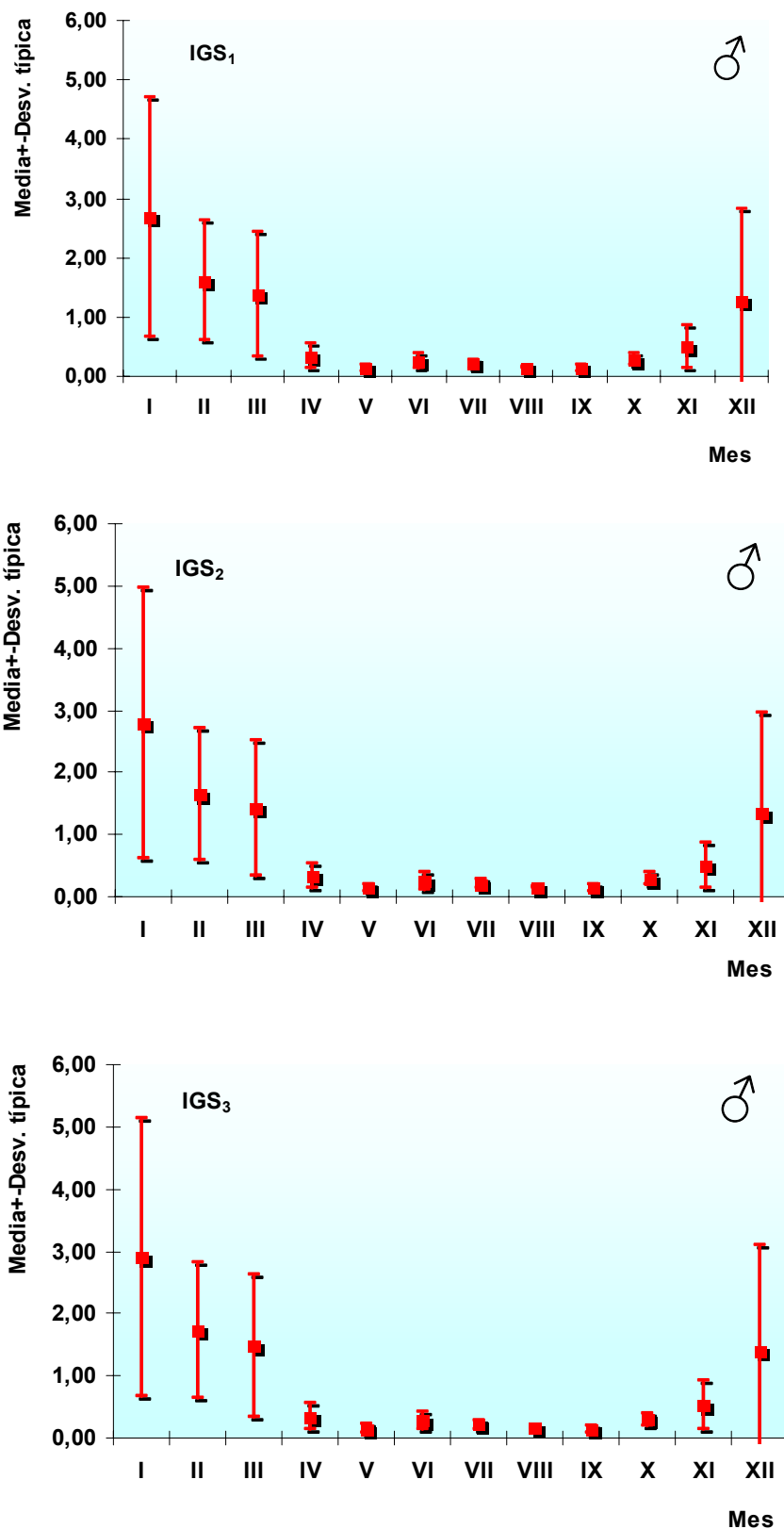


Figura 4.6. Voraz del Estrecho de Gibraltar (Machos): Evolución mensual de los diferentes Índices Gonadosomáticos. IGS₁ (Alcaraz *et al.*, 1987), IGS₂ (Balguerías, 1993) e IGS₃ (King, 1995).

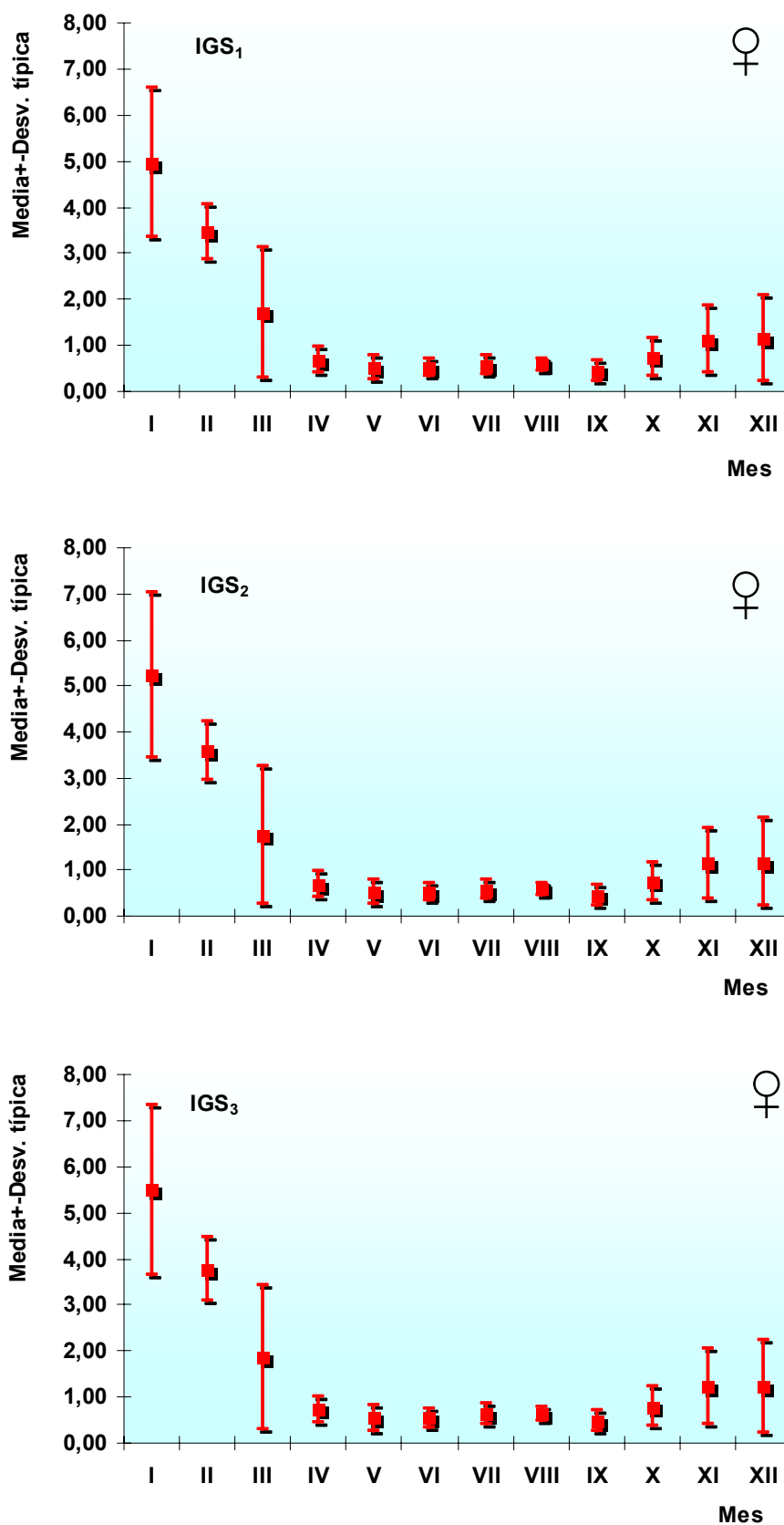


Figura 4.7. Voraz del Estrecho de Gibraltar (Hembras): Evolución mensual de los diferentes Índices Gonadosomáticos. IGS₁ (Alcaraz *et al.*, 1987), IGS₂ (Balguerías, 1993) e IGS₃ (King, 1995).

Los Factores de Condición (FC) pueden utilizarse para estimar posibles variaciones temporales de la tasa media de engorde, o condición, provocadas por la acumulación de reservas relacionadas con la puesta. Para que estas variaciones puedan ser representativas, el factor de condición debe ser independiente de la talla de los ejemplares y el estado de maduración sexual de las gónadas de éstos.

En los dos FC se ha empleado el peso vivo, en lugar del peso eviscerado, a pesar de que podría inducir a errores debido a la presencia desigual de diferentes grados de repleción estomacal en los ejemplares muestreados. Consideramos que la procedencia común de las muestras, que además se capturaron con similar arte de pesca, y un tamaño muestral suficientemente grande, soslayan este posible error.

Por tanto, la elección del Factor de Condición más adecuado para la especie en estudio estará en función de la dependencia o no de los valores obtenidos respecto a la talla. A ser posible, los valores del FC escogido deben ser también independientes del estado de maduración gonadal, para así, no tener que corregir el peso vivo restándole el peso gonadal. Los resultados del análisis de los dos factores de condición propuestos, por rango de talla (Figura 4.8) y estados de maduración gonadal (Figura 4.9), no son del todo claros.

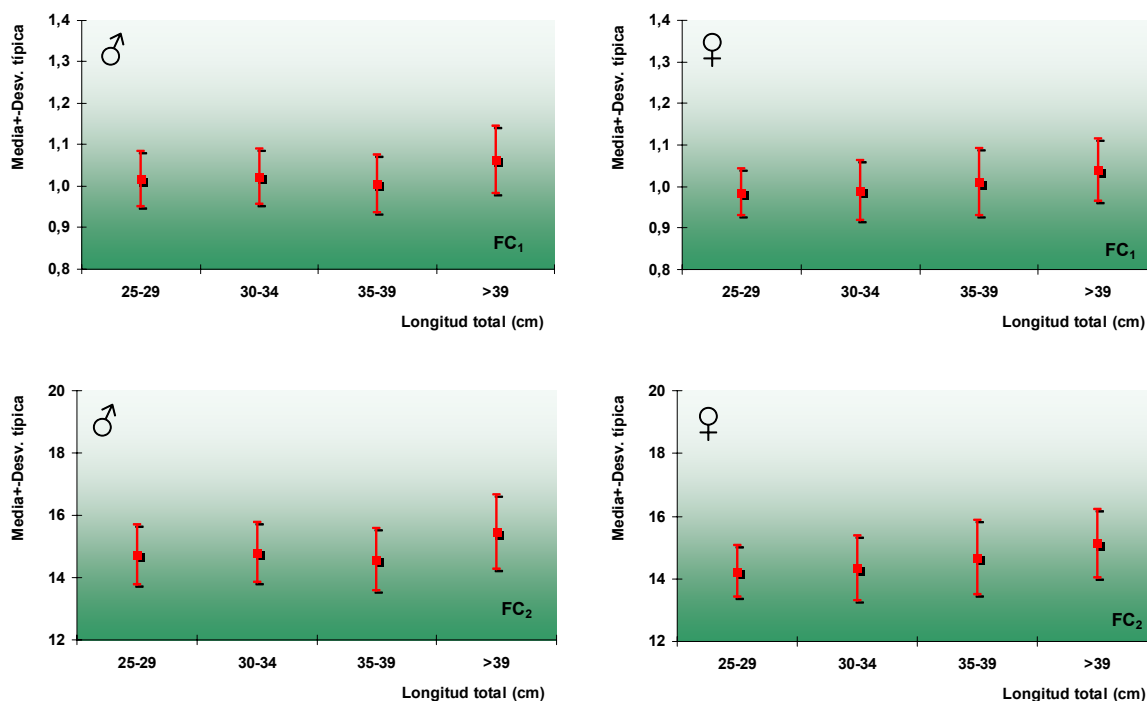


Figura 4.8. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Factores de condición por rango de talla. FC₁ (Le Cren, 1951) y FC₂ (Kartas y Quignard, 1984).

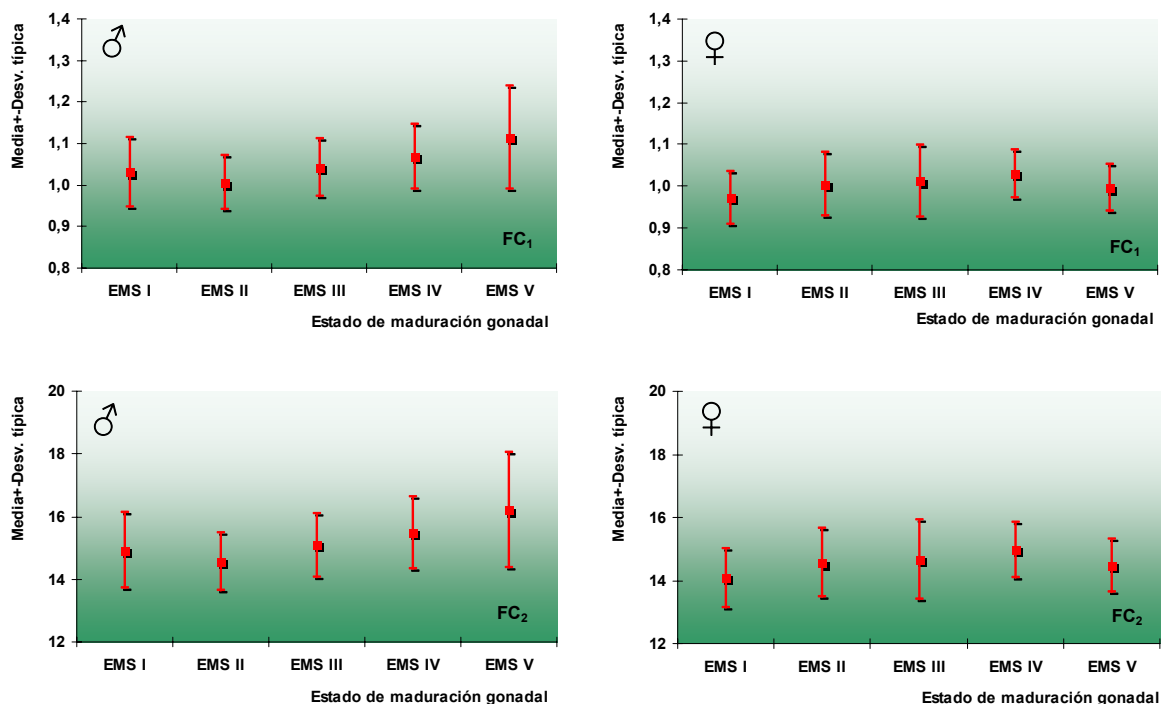


Figura 4.9. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Factores de condición por estado de maduración gonadal. FC₁ (Le Cren, 1951) y FC₂ (Kartas y Quignard, 1984).

De hecho, el análisis de la varianza (ANOVA) revela diferencias significativas ($p < 0,05$) de las medias por rango de talla, en ambos factores de condición y para ambos sexos. También las medias de los FC₁ y FC₂ por estado de maduración gonadal presentan diferencias significativas ($p < 0,05$), pero únicamente en los machos.

El posterior test de Tukey (1997) muestra igualdad de medias en machos y hembras, y en los dos factores de condición, entre los tres primeros rangos de talla analizados. Los valores de los factores de condición de los ejemplares mayores de 39 cm, son significativamente diferentes del resto ($p < 0,05$). Esta diferencia es fácilmente eludible, excluyendo del análisis a estos individuos más grandes. Procediendo de este modo las variaciones estacionales de la tasa media de engorde serán independientes de la talla de los ejemplares analizados.

En el caso de los machos, los resultados de dicho test reflejan significativas de la media del estado de desarrollo gonadal (EMS II). Excluyendo estos individuos del análisis, nos quedamos sin un tamaño mínimo muestral en el periodo de mayo a octubre.

A la vista de los resultados de los contrastes estadísticos, se decidió presentar como Factor de Condición el propuesto por Kartas y Quignard en 1984 (FC₂). Éste es

uno de los más utilizados en biología pesquera, y además su obtención es más sencilla, al requerirse únicamente para su cálculo el peso y la talla de cada ejemplar.

La Figura 4.10 muestra la evolución de los valores mensuales del FC_2 para las hembras menores de 40 cm. El valor máximo del factor de condición propuesto se produce en el mes de enero. Además, dicha media es la causante de las diferencias significativas ($p < 0,05$) observadas con el análisis de la varianza (ANOVA) de los diferentes valores mensuales. Este FC_2 máximo coincide con los valores más altos de los IGS obtenidos también en enero, en el caso de las hembras.

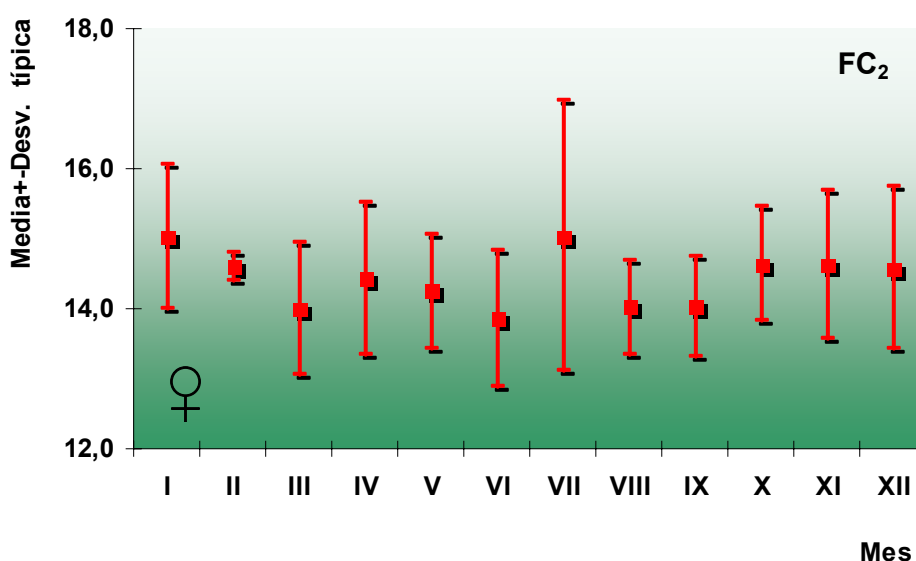


Figura 4.10. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Evolución mensual del FC_2 (Kartas y Quignard, 1984) en hembras menores de 40 cm.

La evolución del Factor de Condición de Kartas y Quignard (1984) muestra una tendencia muy similar a la de los diferentes Índices Gonadosomáticos. Tras su valor máximo, se observa una disminución de las medias, desde el mes de febrero, que podría ser consecuencia del inicio del periodo de puesta y el gasto energético que ésta conlleva. En el mes de julio aparece un valor del factor de condición inusualmente alto, que no debería relacionarse con un incremento de la tasa de engorde previa al periodo de transición sexual, al haber pasado ya por éste las hembras. A partir del mes de agosto observamos un incremento paulatino de la tasa de engorde de las hembras, previo a la época de puesta.

Tras el análisis de la evolución mensual de la proporción de estados de maduración gonadal, IGS y FC_2 , deducimos que nos encontramos ante una población con puesta claramente invernal, localizada durante el primer trimestre del año. Estos

resultados coinciden plenamente con los obtenidos por Krug (1994) para la población de las Islas Azores, y con estudios anteriores sobre la población del Cantábrico realizados por Sánchez (1983), Alcaraz *et al.* (1987) y Castro (1990). Según este último, el desencadenante del desarrollo de los ovocitos coincide con el enfriamiento de las aguas a finales del otoño, concentrándose los ejemplares en la zona del cantil. La reproducción comenzaría en invierno en el Golfo de Vizcaya, en primavera en latitudes más septentrionales y a comienzos de verano en el Mar Céltico.

Se define Talla de Primera Madurez (L_{50}) como aquella en la que el 50% de los individuos de la población son sexualmente maduros. Como ya mencionamos en el apartado metodológico, para su estimación han de ajustarse los pares de valores correspondientes al número de individuos maduros (EMS III a EMS V) y no maduros (EMS I y EMS II) por clase de talla a la función logística (Pope *et al.*, 1983). Este criterio es el más extendido en biología pesquera y facilita enormemente las comparaciones. Además, la exclusión del EMS III del número de ejemplares maduros, originaría una sobrestimación de la L_{50} como han sugerido algunos autores (Fontana, 1969; Albaret, 1977).

A pesar del hermafroditismo característico de la especie, hemos decidido realizar los ajustes, tanto para los machos, como para las hembras, ya que como hemos visto hay ejemplares que no desarrollan la parte masculina de la gónada, por lo que maduran por primera vez como hembras.

Los resultados obtenidos se resumen en la Figura 4.11, donde figuran la longitud total en el que el 25%, 50%, 75% y el 90% de los individuos han alcanzado la maduración, además de los valores estimados para los parámetros a y b de la regresión y del valor del coeficiente de determinación de cada uno de los ajustes. Los valores de r^2 nos indican la variabilidad de las observaciones respecto a la función de ajuste. Para los machos, la talla en la que el 50% de los individuos es sexualmente maduro (L_{50}) se alcanza en los 30,15 cm, con una explicación de la variabilidad muestral por parte del modelo del 73%. Respecto a las hembras, en ejemplares menores de 30 cm, no se encontró ninguno de los estadios que implican madurez sexual y a partir de los 41 cm podríamos considerar a todas las hembras sexualmente maduras. La L_{50} para las hembras estimada por el modelo se encuentra en 35,73 cm, explicándose el 82,5% de la variabilidad observada (Gil y Sobrino, 2001).

Si consideramos las tallas arbitrarias del 25 % (L_{25}) y del 75 % (L_{75}) como límites de los intervalos en los que la mayor parte de los individuos maduran

sexualmente, es notable la escasa amplitud de éstos: 27,12–33,11 cm en los machos y 33,02–38,44 cm en las hembras. Según Balguerías (1993), rangos estrechos de estas tallas arbitrarias pueden ser indicativos de velocidades relativamente altas del proceso de maduración.

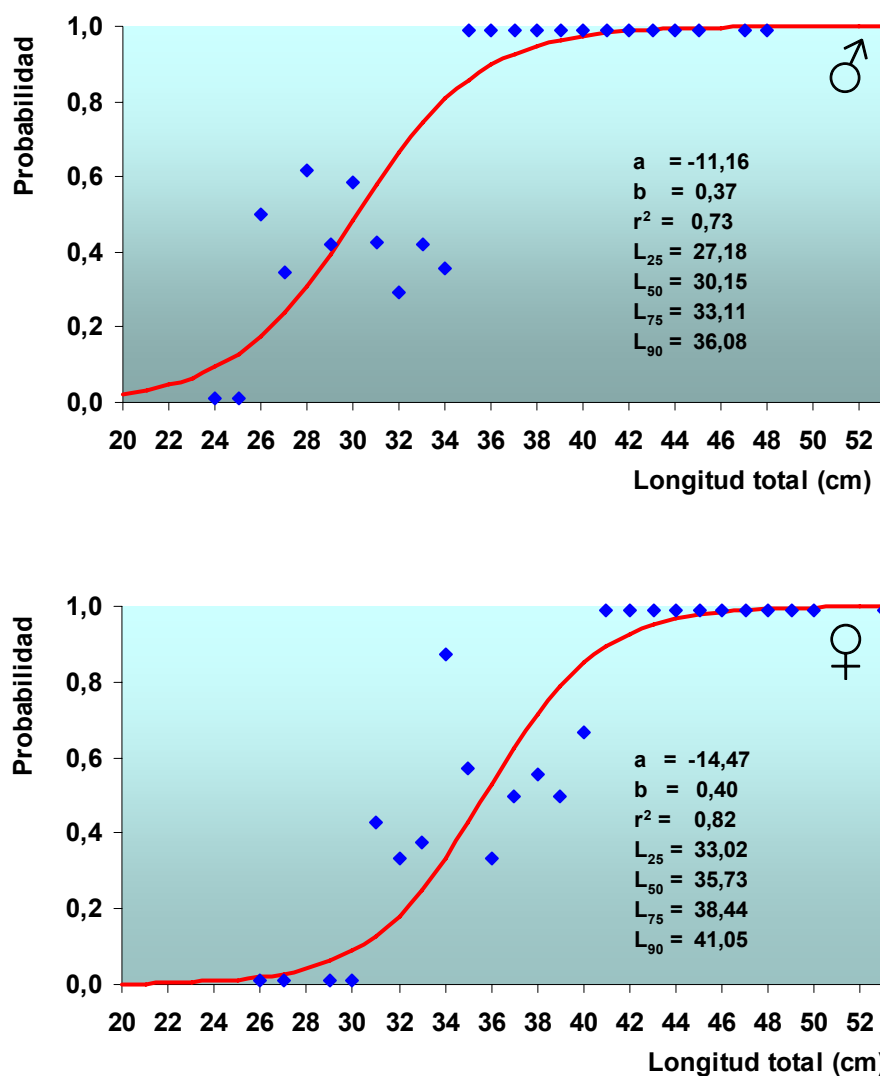


Figura 4.11. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Ojivas de maduración por clase de talla.

Se define como Talla de Maduración Masiva (L_{90}) aquella en la que podemos considerar que todos los individuos de la población están maduros. En el caso del voraz del Estrecho de Gibraltar se sitúa a partir de los 36 cm en los machos y los 41 cm en las hembras.

En 1987, Alcaraz *et al.* estimaron la Talla de Primera Madurez en el intervalo entre 25–29 cm para los machos y 30–34 cm para las hembras de la población de voraz del Mar Cantábrico. Krug (1994) aporta valores para la población de las Islas

Azores en tres periodos diferentes: 1982–1983, 1984–1986 y 1991. La L_{50} en machos es 26,44; 28,2 y 28,24 cm, respectivamente. Contrariamente, la Talla de Primera Madurez en las hembras decrece con el tiempo, obteniéndose unos valores estimados de 34,45; 33,93 y 32,31 cm en cada periodo. Aplicando un análisis de covarianza por sexo entre los periodos considerados, encontró diferencias significativas. Un estudio más reciente de Mendonça *et al.* en 1998, sobre aspectos reproductivos de especies demersales capturadas en el Archipiélago de Azores, estima la L_{50} del voraz en 26,2 cm para los machos y de 29,2 cm para las hembras. Conviene destacar que la medida de la talla de los ejemplares elegida es la longitud a la furca, por lo que los valores disponibles de la población de Azores siempre serán menores que los obtenidas en nuestro caso.

Los valores estimados para la población del Estrecho de Gibraltar son muy semejantes a los obtenidos por Alcaraz *et al.* (1987) en el Mar Cantábrico. La talla elegida por estos autores es también la longitud total, facilitando el contraste con nuestros resultados. Además, a pesar del amplio intervalo estimado, los autores subrayan que los valores estimados se encuentran en las tallas superiores de cada intervalo. Por tanto, no encontramos grandes diferencias entre las Tallas de Primera Maduración estimadas para la población del Mar Cantábrico y la del Estrecho de Gibraltar.

Las diferencias en la talla de primera madurez entre machos y hembras son previsibles en esta especie debido a su hermafroditismo protándrico (Krug, 1994). Es evidente que la mayor parte de la población, primero ha de madurar como macho y posteriormente, tras un proceso de inversión sexual, como hembra. Autores como Roff (1982) postulan que, tanto la talla, como la edad, están asociadas al proceso de maduración gonadal, pero el factor dominante cambia entre especies e incluso dentro de una misma especie. Las variaciones en la Talla de Primera Maduración pueden ser resultado de diferencias en el crecimiento, asociadas a las condiciones ambientales (Gødo *et al.*, 1987). De hecho, Franqueville en 1983 detectó la existencia de una relación directa entre la temperatura del agua y la L_{50} en *Pagellus bellottii*. Por otro lado, Kartas y Quignard (1984) destacan que una alimentación abundante aumenta la tasa de crecimiento de los individuos, acorta la Talla de Primera Madurez y provoca un aumento de la fecundidad de la especie, circunstancias éstas que paradójicamente, pueden producirse también en situaciones de importante disminución en la abundancia de una población.

Por otro lado, mediante el uso de la pertinente clave talla-edad, que veremos más adelante, los ejemplares por clase de talla se convirtieron en ejemplares por clase de edad. Se estimaron las ojivas de maduración por edad (Figura 4.12) de manera análoga a las de por clase de talla.

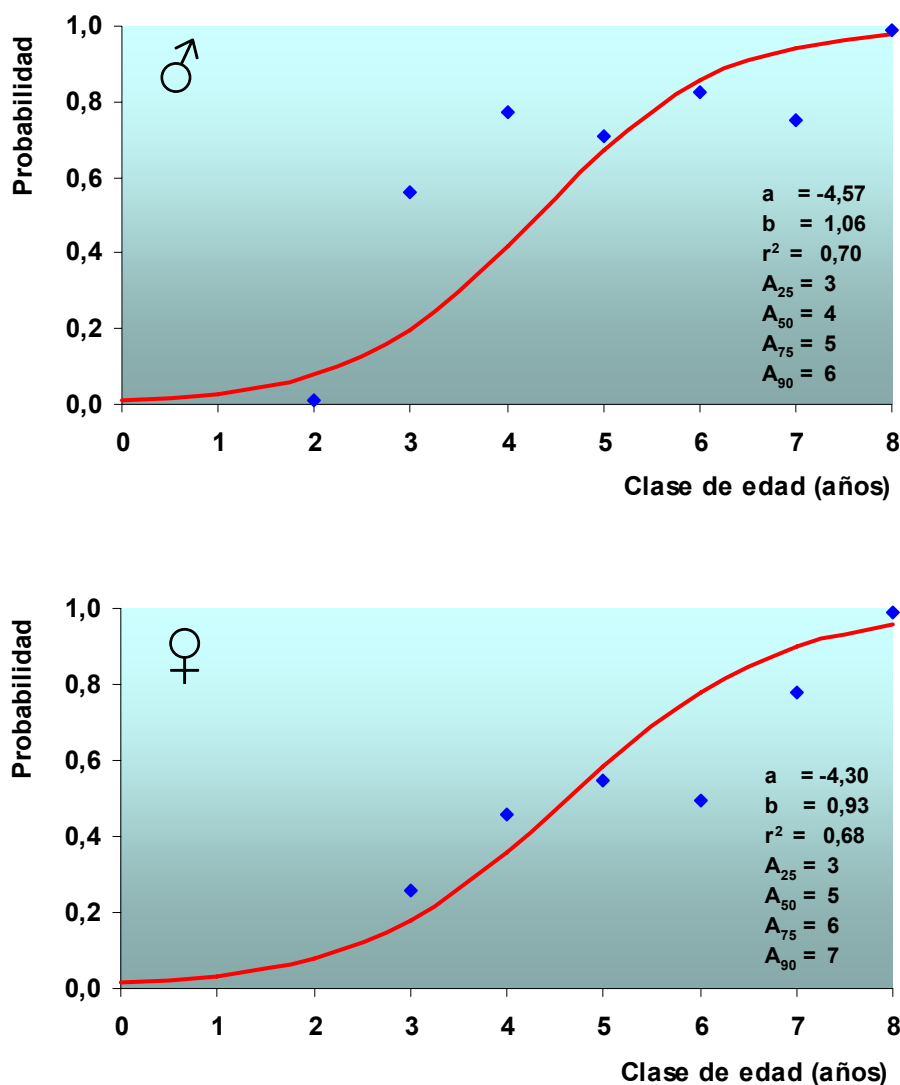


Figura 4.12. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Ojivas de maduración por clase de edad.

Los machos presentan una proporción creciente de individuos maduros desde la clase de edad 3 hasta la 8. A partir de la edad 8 todos los individuos pueden considerarse sexualmente maduros. El modelo explica el 70% de la variabilidad asignándole a los machos una A_{50} de 4 años.

En el caso de las hembras, parece que comenzarían a aparecer ejemplares maduros a partir de la edad 2. La presencia de estos ejemplares puede ser debida al ajuste del modelo, ya que al contrario que en los machos, no disponemos de hembras

muestreadas de esta clase de edad. A partir de la edad 8, todas las hembras se suponen sexualmente maduras estimándose la edad de primera maduración en los 5 años mediante un ajuste que explica el 68% de las observaciones.

De igual manera que para las tallas, la diferencia entre las edades de maduración de machos y hembras es consecuencia del hermafroditismo característico de esta especie.

Para finalizar con todas estas cuestiones hasta aquí planteadas, es imprescindible la consideración de varios interrogantes referentes al esquema de trabajo realizado. Los resultados proceden sólo de un año de estudio, por lo que no estamos en disposición de evaluar posibles variaciones interanuales, como las que se producen en la población de las Islas Azores. Además, es evidente que el número de ejemplares muestreados mayores de 40 cm es escaso.

Por ello, las diferencias encontradas entre los resultados de la exigua bibliografía existente sobre la especie podrían deberse fundamentalmente a dos causas: Bien a diferencias metodológicas y diversidad de criterios en los análisis según los diferentes autores, que imposibilitaría el contraste de los resultados obtenidos. O tal vez, a la variabilidad del comportamiento sexual del voraz en respuesta a otros factores no tenidos en cuenta, como tamaños poblacionales y condiciones del entorno natural, que alterarían en distintos periodos de tiempo la proporción de sexos y las tallas y edades de maduración de los mismos.

4.3.2. Histología del ovario. Fecundidad.

El aparato reproductor femenino de un teleósteo está compuesto por un par de ovarios de morfología variable. La posibilidad de asignar estados de maduración al ovario a partir de observación macroscópica, agiliza todo el proceso de muestreo permitiendo la obtención de muestras representativas en un corto espacio de tiempo. Sin embargo, una vez establecida la clave de madurez, se requiere su confirmación a nivel microscópico, a fin de poder interpretar correctamente los resultados obtenidos.

El ovario de los peces óseos muestra diferencias entre las distintas especies, dependiendo de la estrategia reproductiva adoptada, así como dentro de una misma especie según el momento del ciclo reproductivo en el que ésta se encuentre. Generalmente, la mayoría de las especies presentan un ovario bilobulado, aunque en algunas ambos lóbulos llegan a fundirse en un único órgano durante el desarrollo

temprano. El ovario es un órgano hueco con una cavidad central, o luz, cuyo tamaño varía según la fase del ciclo gonadal.

La gónada femenina está formada por un tejido de soporte (estroma ovárico) y células de diverso tipo. Está recubierto por una membrana serosa peritoneal en cuyo tejido conjuntivo laxo se sitúan vasos y nervios, así como tejido adiposo. Bajo la capa serosa se encuentra la túnica albugínea de tejido conjuntivo denso y un manto de músculo liso formado por dos capas: Una externa longitudinal y la otra interna más gruesa y circular. De esta capa muscular parten haces de tejido conjuntivo laxo entremezclados con fibras de músculo liso hacia el interior del ovario, separando las diferentes lamelas ováricas. Por lo tanto, estas lamelas ováricas son pliegues del estroma proyectados hacia la luz del ovario. En el estroma aparecen distintos elementos celulares: los folículos ováricos están constituidos por las ovogonias u ovocitos, además de por otras células somáticas de función diversa (como las de la granulosa y las de la teca con un desarrollo más o menos sincrónico con las células de la línea germinal) apareciendo también fibroblastos. Cada lamela ovárica aparece recubierta por un epitelio simple que le separa de la luz del ovario. El ovario se prolonga por un oviducto que termina en el poro genital. En los salmónidos, al no existir oviducto, los óvulos son liberados directamente a la cavidad celómica, mientras que en el resto de peces óseos ovíparos, los ovocitos ovulados se mantienen en la cavidad ovárica hasta la puesta (Selman y Wallace, 1989; Wallace y Selman, 1990).

Atendiendo al patrón de desarrollo de los ovocitos, pueden distinguirse tres tipos de ovarios (Zanuy y Carrillo, 1987):

- Ovario con sincronismo total: contienen ovocitos en el mismo estado de desarrollo. Este tipo de ovario es característico de teleósteos semélparos, es decir, que ponen una única vez y mueren como ocurre en salmones y anguilas.
- Ovario asincrónico: contiene ovocitos en todos los estados de desarrollo. Lo presentan especies con múltiples puestas anuales y una estación de puesta dilatada, como es el caso de pequeños pelágicos como la sardina y el boquerón.
- Ovario con sincronismo por grupos: presencia de al menos dos poblaciones de ovocitos en diferente estado de desarrollo. Característico de especies con una puesta anual y una época de puesta relativamente corta, como el voraz.

El término ovogénesis ha causado cierta controversia. Para algunos autores la ovogénesis *per se* incluiría tan sólo la transformación meiótica de las ovogonias en

ovocitos primarios (Wallace y Selman, 1981). Otros autores consideran la ovogénesis como el desarrollo progresivo de las células germinales mediante acumulación de vitelo (material de reserva) para la formación de óvulos genéticamente aptos para su fecundación, y con una cantidad de material de reserva suficiente para mantener las primeras fases del desarrollo embrionario (Rodríguez, 1984). Utilizaremos esta última definición, basándonos en las posteriores revisiones de Wallace *et al.* (1987), Selman y Wallace (1989) y Wallace y Selman (1990).

Para dividir la ovogénesis en diferentes estados se han empleado criterios como el tamaño de los ovocitos, la proporción de los diferentes estados de madurez, distribución y frecuencia de inclusiones celulares.

Tomando como referencia la presencia o no de gránulos de vitelo en el ovocito, la ovogénesis puede dividirse en una fase primaria de crecimiento (previtelogénica) seguida de una fase secundaria (vitelogénica) durante la cual se acumula el vitelo que proporcionará energía a la futura larva durante sus primeras fases de desarrollo. Posteriormente, el ovocito sufre un proceso de maduración y ovulación, por el que el óvulo ya tiene capacidad para ser fecundado.

- **Previtelogénesis:** La previtelogénesis, o crecimiento primario, se caracteriza por la existencia de dos tipos celulares: Ovogonias y ovocitos primarios. Por un lado, las ovogonias que proliferan por sucesivas divisiones mitóticas presentan un núcleo grande; se encuentran en el epitelio del lumen ovárico e incluso en la cresta germinal (Wallace y Selman, 1990). Por otro lado, los ovocitos primarios resultado de la transformación de las ovogonias en el momento en que éstas entran en la primera división meiótica, quedando detenidos en la fase de diplotene (Wallace y Selman, 1981).

Los ovocitos primarios, antes de iniciarse la vitelogénesis, experimentan una serie de transformaciones que afectan al núcleo, nucleolo y citoplasma celulares. El ovocito comienza un periodo de crecimiento y aparecen múltiples nucleolos que suelen situarse en la periferia del núcleo (estado perinucleolar). En este estadio la configuración filamentosa de los cromosomas es muy evidente y asociado a un incremento de los procesos de transcripción genética (Wallace y Selman, 1990). En algunas especies se observa en este momento el cuerpo de Balbiani o núcleo de vitelo amorfo que presenta dos porciones: El idiosoma y la sustancia palial. La función de este cuerpo no está bien definida, pero podría estar implicado en la fabricación de orgánulos citoplasmáticos al estar compuesto por

ribonucleoproteínas asociadas a mitocondrias, aparato de Golgi, retículo endoplasmático y cuerpos multivesiculares (Guraya, 1986).

Durante esta fase, el ovocito incrementa enormemente su volumen, aproximadamente 1000 veces, y aparece rodeado por células foliculares de aspecto escamoso (Wallace y Selman, 1981). Es durante esta fase de previtelogénesis cuando las microvellosidades del ovocito contactan con las células foliculares.

En nuestro caso, esta primera fase previtelogénica coincide con el estado de maduración macroscópico de inmadurez (EMS I). Es patente la presencia de ovocitos primarios con núcleo visible. En este estado de maduración, los ovocitos son pequeños con un núcleo también pequeño y un citoplasma uniforme en color y estructura (Figura 4.13).

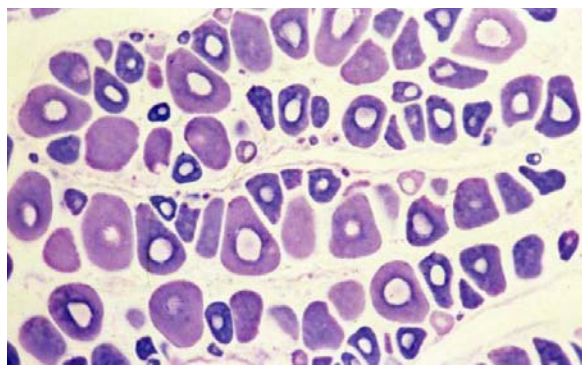


Figura 4.13. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Ovocitos previtelogénicos presentes en ovario EMS I.

En este estadio los ovocitos presentes tienen un menor tamaño que en estados de maduración posteriores, destacando además, la ausencia total de gránulos de vitelo en el citoplasma.

- Vitelogénesis: La fase de crecimiento secundario o vitelogénesis se caracteriza por la acumulación de material de reserva en forma de vitelo, con la aparición de los glóbulos o vacuolas lipídicas, alveolos corticales (vesículas vitelinas) y la presencia de gránulos de vitelo. El orden de aparición y la presencia de las inclusiones citoplásmicas varía de unas especies a otras. Normalmente, las primeras estructuras visibles son los alveolos corticales, apareciendo a continuación los glóbulos o vacuolas lipídicas y por último, los gránulos de vitelo (Selman y Wallace, 1986; Blanco, 1991; Bengen *et al.*, 1991).

Los alvéolos corticales están compuestos de mucopolisacáridos y glicoproteínas con abundantes residuos de ácido siálico, siendo por lo tanto, su componente mayoritario una polisialoglicoproteína de 200 kMr (Carrillo y Zanuy, 1993). Suelen aparecer formando un anillo alrededor del núcleo y liberan su contenido al espacio perivitelino en el momento de la fecundación, por lo que no pueden considerarse como vitelo.

Las vacuolas, o glóbulos lipídicos, están constituidas por lípidos de distinta naturaleza y de origen endógeno (Heming y Buddington, 1998).

En los teleósteos los ovocitos crecen mientras se encuentran detenidos en la primera fase meiótica. El crecimiento del ovocito conlleva la captación de los derivados de la vitelogenina (glicolipofosfoproteína hepática) y su incorporación en los gránulos de vitelo de composición principalmente protéica, aunque también pueden contener glucógeno y glicolípidos (Grau, 1992). La vitelogenina llega a la superficie del ovocito por la sangre y atraviesa las células de la teca, la lámina basal, los espacios intercelulares de la granulosa, la matriz extracelular (entre la granulosa y la membrana plasmática del ovocito) y los canales de la capa radiada, llegando al fin al citoplasma del ovocito donde se forman vesículas recubiertas de clarina. Estas vesículas se van fusionando en cuerpos multivesiculares en los que la proteólisis de la vitelogenina dará lugar a lipovitelina y fosvitina que migran hacia el interior del ovoplasma (Carrillo y Zanuy, 1993). En los huevos pelágicos al final de la vitelogénesis se produce la coalescencia de los gránulos de vitelo en una o varias gotas de grasa, adoptando el ovocito su característico aspecto transparente.

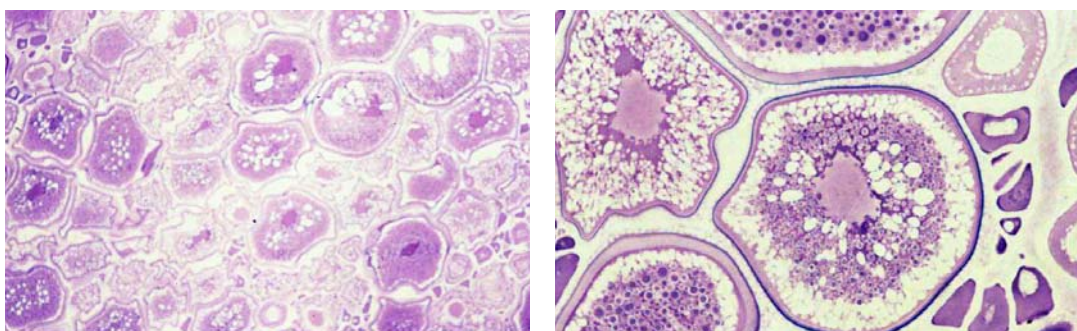


Figura 4.14. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Ovocitos vitelogénicos presentes en ovario EMS II.

Tras el examen microscópico de los diferentes estados de maduración, utilizados en la determinación macroscópica, esta fase parece coincidir con el estado de desarrollo EMS II. La Figura 4.14 muestra la fotografía de un corte histológico de

un ovario en este estadio, caracterizado por la presencia, tanto de ovocitos primarios, como de ovocitos que han iniciado la vitelogénesis de mayor tamaño y con presencia de alveolos corticales y gránulos de vitelo.

- **Maduración y puesta:** En la mayoría de los peces la vitelogénesis cesa cuando los ovocitos inician la fase de maduración bajo estímulos hormonales (Wallace y Selman, 1990). Sin embargo, en algunas especies la captación de vitelogenina continúa durante la fase de maduración. La maduración del ovocito, que tiene siempre lugar antes de la ovulación, puede definirse como aquella fase en la que el ovocito continúa y completa la primera división meiótica, progresando hasta la metafase de la segunda división meiótica.

Un primer acontecimiento indicativo de la maduración es la migración del núcleo o vesícula germinal hacia el polo animal implicándose en este proceso elementos del citoesqueleto del ovocito. A continuación tiene lugar la ruptura del núcleo indicativo del final de la profase de la primera división meiótica, la condensación de los cromosomas y la emisión del primer corpúsculo polar, que señalan el final de la primera división meiótica (Nagahama, 1994). Los gránulos de vitelo y las vacuolas lipídicas sufren coalescencia y, en el caso de los teleósteos marinos, se produce un fuerte incremento del volumen de los ovocitos por la hidratación de éstos. Durante este proceso de hidratación, parecen jugar un importante papel iones inorgánicos y componentes originados por la proteólisis del vitelo a través de las uniones estrechas (*gap-junctions*) entre el ovocito y la envuelta folicular (Cerdá *et al.*, 1993). Como resultado de todos estos procesos, el ovocito adquiere un aspecto translúcido. Un aspecto a tener en cuenta en el proceso de maduración es la asociación entre las células foliculares y el ovocito. De hecho, la capacidad para madurar como respuesta a la secreción de la hormona esteroide inductora de la maduración (MIH) parece coincidir con el momento en el que se restablecen las uniones estrechas entre las células foliculares y el ovocito anteriormente mencionadas (York *et al.*, 1993). De acuerdo con esto, se ha sugerido que estas *gap-junctions* permiten el paso de nutrientes y factores hormonales desde las células foliculares al ovocito, implicándose por lo tanto, en la parada de la meiosis durante la vitelogénesis y en la capacidad de maduración de los ovocitos (Cerdá *et al.*, 1993; York *et al.*, 1993).

La ovulación es la liberación del ovocito al lumen del ovario (o al celoma abdominal en el caso de no existir oviducto) y supone la separación del óvulo de la envuelta folicular por la acción de enzimas proteolíticos y contracción del

folículo, siendo la fecundación el estímulo que determina la finalización de la segunda división meiótica (Oshiro e Hibiya, 1982; Nagahama, 1994).

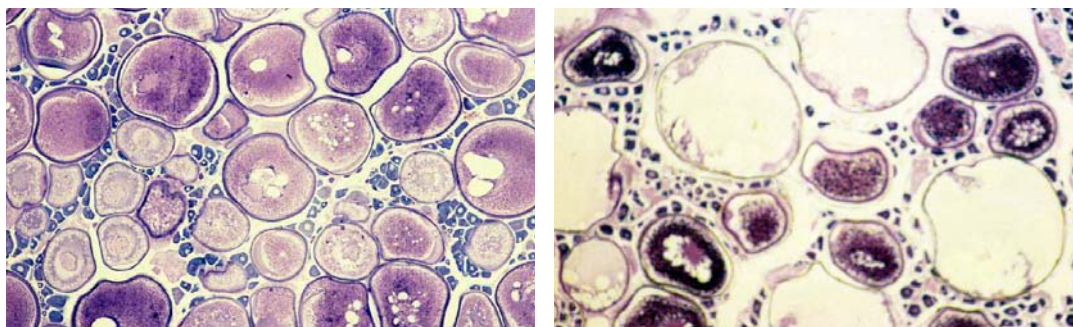


Figura 4.15. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Ovarios en maduración y puesta (EMS III y EMS IV) con ovocitos no hidratados e hidratados.

Esta fase de maduración ovárica se corresponde con los estados, asignados a escala macroscópica, de maduración y puesta (EMS III y EMS IV) caracterizados por la presencia de ovocitos bien visibles aún no hidratados (opacos: EMS III) e hidratados (traslúcidos: EMS IV) como muestra la Figura 4.15. Al final del proceso de maduración, los ovocitos maduros muestran un citoplasma más homogéneo, además de un mayor tamaño. Antes de la puesta los ovocitos absorben agua e incrementan su tamaño.

- **Atresia:** La atresia supone la degeneración y reabsorción de los ovocitos en cualquiera de las fases de desarrollo. Sin embargo, la aparición de estos cuerpos atrésicos es más frecuente en la postpuesta. Implica la hipertrofia de las células foliculares, la fragmentación de la capa radiada y su posterior digestión. El contenido celular se reabsorbe, las células foliculares se colapsan y aparece una masa celular o cuerpo atrésico que terminará desapareciendo del ovario (Rodríguez, 1984). La atresia es una consecuencia de un proceso natural en el ovario aunque también puede provocarse por estrés ambiental o por deficiencias hormonales (Nagahama, 1994).

Esta última fase del desarrollo de la gónada femenina coincide en nuestro caso con el denominado estado de postpuesta (EMS V), en el que aparecen cuerpos atrésicos entre nuevos ovocitos primarios en estado de reposo hasta el inicio de una maduración posterior (Figura 4.16).

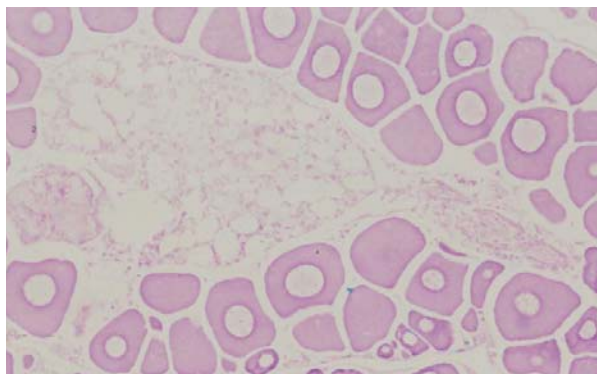


Figura 4.16. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Ovocito atrésico presente en ovario en postpuesta (EMS V).

Así, en los primeros estadios de maduración (I y II temprano) cada ovario presenta muchos ovocitos previtelogénicos con dos o tres estados de maduración, cromatina del nucleolo, perinucleolo y alvéolos corticales. Mientras prosigue la maduración del ovario pueden encontrarse muchos tipos de desarrollo de ovocitos. A la vez que aumenta el número de estados de desarrollo de los ovocitos, disminuye el número de ovocitos previtelogénicos. Durante el proceso de maduración los ovocitos incrementan su tamaño y las gónadas presentan gran número de ovocitos con presencia de cada vez más cantidad de vitelo citoplasmático. Sin embargo, en las últimas fases del proceso de maduración sexual del ovario, también pueden encontrarse ovocitos en estado de desarrollo primarios. En el proceso de puesta se liberan ovocitos hidratados y los que permanecen en el ovario se transforman en atrésicos poco más tarde.

El término fecundidad es complejo, e incluso muy confuso, pues su significado varía según sean los autores y las escalas consideradas. Por ello, suele acompañarse de diferentes adjetivos que acotan convenientemente su significado (Kartas y Quignard, 1984). Hunter *et al.* en 1992, definen hasta seis términos relativos a la fecundidad: Anual, total, potencial anual, determinada, indeterminada, *batch fecundity* o por tandas y relativa.

Las definiciones existentes sobre fecundidad pueden resolver el problema del concepto de ésta pero a nivel práctico es materialmente imposible contar el número de ovocitos emitidos por una hembra durante la puesta. Así, el *quid* de la cuestión es discernir si la fecundidad anual puede ser estimada a partir del número de ovocitos presentes en la gónada antes de que éstos sean liberados al medio: ¿Cuántos de los ovocitos presentes en el ovario van a ser expulsados al mar?

Si consideramos el voraz como una especie ponedora total o isocrona, los ovocitos que se expulsarán al medio serán todos aquellos que se encuentren maduros en fechas próximas a la puesta y en teoría, la fecundidad absoluta coincidiría con la fecundidad total.

Una vez comprobado mediante ANOVA I (Zar, 1984) que no existen diferencias significativas entre las distintas porciones de los ovarios (proximal, media y distal), se procedió a analizar sólo las secciones de la porción media.

La distribución de frecuencias de talla de los ovocitos (Figura 4.19) muestra la presencia de varios grupos modales que indican diferentes estados de maduración de éstos. Encontramos un primer e importante grupo con diámetros de hasta 0,3 mm que, como ya describió Baro en 1996 en *Pagellus acarne*, podría corresponder al stock de reserva. Luego encontramos otros grupos correspondientes a ovocitos vitelados de diferentes tamaños y estados de maduración. Por último, los ovocitos de mayor diámetro conformarían el grupo de ovocitos hidratados ya listos para la puesta.

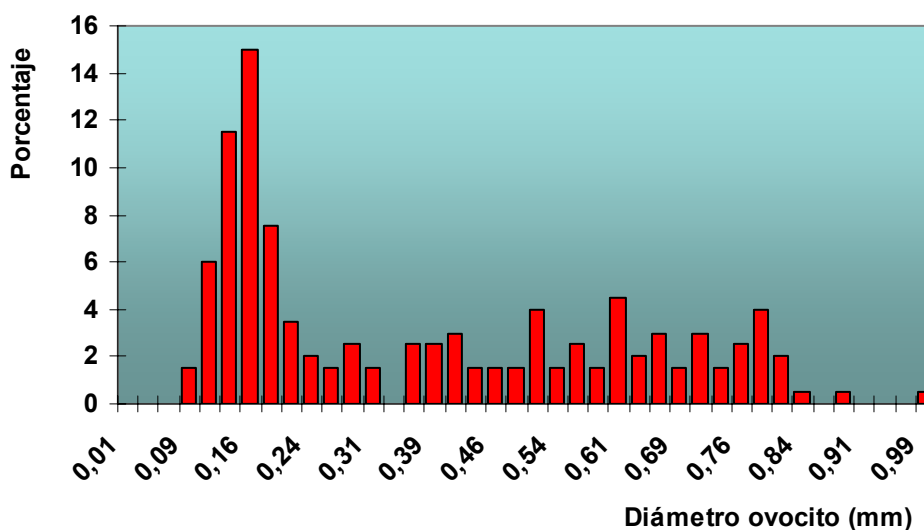


Figura 4.19. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Distribución de frecuencia de diámetros de ovocitos correspondientes a 36 ovarios de hembras maduras de *P. bogaraveo* del Estrecho de Gibraltar.

Los 36 ejemplares analizados presentan una variación de la fecundidad estimada reflejada en la Tabla IV.VI. La fecundidad total media estimada para el voraz del Estrecho de Gibraltar es de 420643 ovocitos con un máximo de 1821188 ovocitos estimados en una hembra de 48 cm de talla y un mínimo de 25712 ovocitos en una hembra de 31 cm. Esta información podría ser indicativa de una fecundidad más

elevada en las hembras más grandes, sin embargo, los ajustes lineales no confirman este hecho (Tabla IV.VII) al presentar un bajo coeficiente de determinación ($r^2=0,42$) debido, tal vez, a la presencia de gónadas aún en proceso de desarrollo, por lo que no han alcanzado su tamaño y peso esperado.

Tabla IV.VI. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Fecundidad total y relativa (por gramo) de cada uno de los 36 ovarios analizados.

Talla (mm)	Peso eviscerado (g)	Peso gónada (g)	Nº ovocitos	Ovocitos*gramo	EMS
285	299	3,18	162568	544	III
290	317	3,06	100955	318	III
290	290	3,60	107442	370	III
293	351	1,94	57332	163	III
310	400	14,10	243322	608	III
318	386	3,49	25712	67	III
325	410	15,94	146812	358	III
331	430	5,50	63355	147	III
333	450	1,50	29394	65	II-III
336	490	24,48	445237	909	III
340	525	40,78	621076	1183	III
345	530	20,78	332896	628	III
345	538	10,14	78848	147	III
346	488	10,61	115870	237	III
347	610	50,00	545302	894	III
350	532	6,94	73442	138	III
366	650	10,65	122323	188	IV
370	635	37,66	601821	948	III
378	695	62,71	1027111	1478	III
379	700	23,30	423703	605	III
380	735	34,84	459275	625	III
380	665	23,50	227391	342	III
383	680	6,37	80340	118	III
383	717	32,79	443159	618	III
397	849	24,70	213369	251	III
403	800	10,93	147416	184	III
405	946	54,79	1028856	1088	III
420	962	26,98	381421	396	IV
426	1072	41,92	583882	545	III
459	1305	81,84	737973	565	III
467	1460	21,79	294927	202	III
475	1564	20,22	248489	159	IV
480	1440	103,85	1821188	1265	III
490	1610	56,10	677212	421	III
505	1705	67,39	829118	486	III
509	1908	102,14	1644593	862	II-III

Para la población de las Islas Azores, Krug (1994) realizó estimas de fecundidad en diferentes periodos de tiempo: 1984-1986 y 1991, respectivamente. Ésta varía entre 92000 y 1090000 ovocitos en hembras de 29 a 46 cm de talla durante el primer periodo. Posteriormente, en 1991, la fecundidad aumenta en las tallas más pequeñas y se mantiene en las mayores, es decir: varía entre los 290000 y 11250000

ovocitos. Esta autora encontró diferencias significativas, por lo que rechaza la hipótesis de igualdad de la fecundidad estimada en cada uno de los periodos.

Tabla IV.VII. *P. bogaraveo*. Ajustes lineales entre fecundidad y talla y peso del ejemplar y peso de la gónada.

Fecundidad vs. longitud total, peso eviscerado y peso gónada	
N° ovocitos = $3 \cdot 10^{-6} \cdot \text{longitud total (mm)}^{4,26}$	$r^2 = 0,42$
N° ovocitos = $30,46 \cdot \text{peso eviscerado (g)}^{1,38}$	$r^2 = 0,45$
N° ovocitos = $14,85 \cdot \text{peso gónada (g)} - 15,28$	$r^2 = 0,91$

Evidentemente, la función de mejor ajuste es la de la fecundidad y el peso de la gónada ($r^2=0,91$) ya que, naturalmente, el número de ovocitos debe ser proporcional al tamaño (peso) de la gónada femenina. Gráficamente esta función se representa en la Figura 4.20.

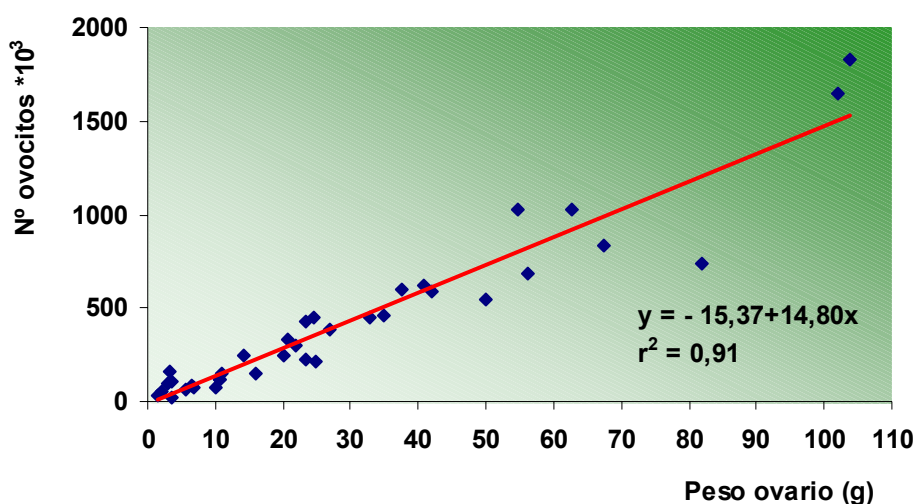


Figura 4.20. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Relación entre la fecundidad estimada y el peso de la gónada.

A partir de los resultados presentados en la Tabla IV.VI, estamos también en disposición de estimar una fecundidad relativa: Número de ovocitos por unidad de peso de la hembra. Los resultados fueron de 503 ovocitos por gramo de hembra madura, con un mínimo de 65 y un máximo de 1478 ovocitos por gramo, en hembras de 33 y 37 cm de longitud total, respectivamente.

4.3.3. Crecimiento.

Relación talla-peso

La relación que define el crecimiento en peso de una especie en función de la talla es una de las más utilizadas en biología pesquera. Esta relación permite expresar una distribución de tallas conocida, bien en número (abundancia), o bien en peso (biomasa). La función que mejor expresa esta relación entre el peso y la talla de los ejemplares es la potencial:

$$P = a * L^b$$

donde P (variable dependiente) es el peso en gramos del ejemplar considerado, L (variable independiente) es la talla en centímetros y a y b son parámetros estimados por métodos estándar de regresión. Al tener las dos variables dimensiones diferentes, longitud y peso, el parámetro b adopta un valor cercano al exponente que relaciona ambas dimensiones, que en el caso de los peces suele ser próximo a 3.

Tras el análisis de regresión pertinente, los resultados obtenidos son: $a=0,014$ y $b=3,014$ (número de ejemplares $n=1041$ y un coeficiente de determinación $r^2=0,99$). Por tanto, la relación entre la talla del ejemplar y su peso esperado se establecería de la siguiente manera:

$$\text{Peso (g)} = 0,014 * [\text{Longitud total (cm)}]^{3,014}$$

Los resultados de la ecuación talla-peso se representan en la Figura 4.21. La nube de puntos corresponde a los pares de valores observados en los muestreos biológicos y la línea de tendencia representa los valores esperados, que se obtendrían aplicando a distintos valores de talla la función propuesta. Gráficamente, los pares de valores observados se ajustan bien al tipo de relación empleada, confirmado además por el alto valor del coeficiente de determinación obtenido ($r^2=0,99$).

El valor del parámetro b cercano a 3 indica un crecimiento isométrico. Esto significa que la variable dependiente, peso, se modifica de manera igual a la proporción que guarda con la independiente, talla, a medida que el animal va creciendo.

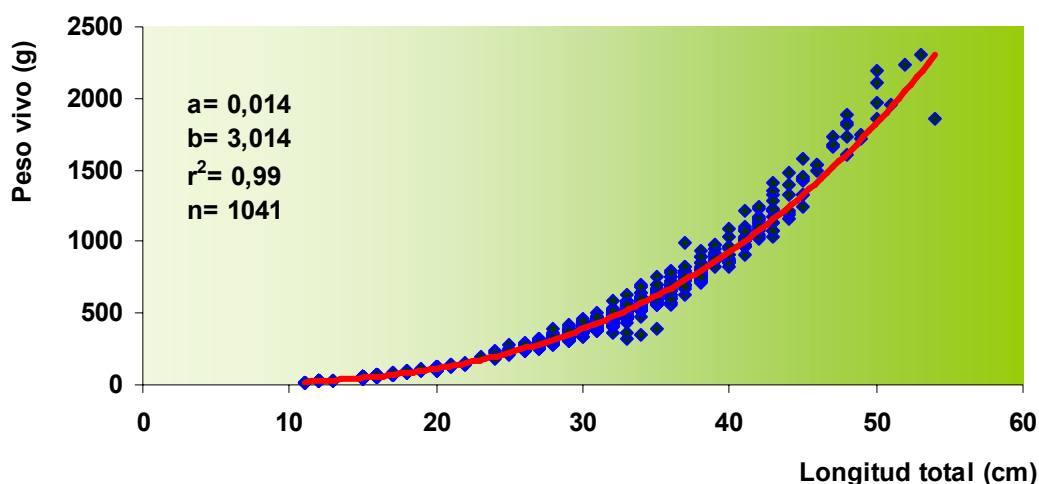


Figura 4.21. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Relación talla-peso.

Talla y edad

Los estudios de crecimiento constituyen una pieza clave para el análisis de la dinámica de poblaciones marinas explotadas. La ecuación que representa la relación existente entre la talla y edad de un ejemplar, utilizada más habitualmente en biología pesquera, fue propuesta por Von Bertalanffy en 1934. Esta ecuación representa una función asintótica que se ajusta correctamente al modelo de crecimiento en talla de la mayoría de las especies ícticas: Rápido al principio, progresivamente más lento a medida que los individuos envejecen, hasta acabar ralentizándose en un límite o techo máximo.

Para la asignación de una edad a una talla determinada se pueden utilizar varios métodos basados en distintas técnicas. En el voraz del Estrecho de Gibraltar hemos utilizado la lectura directa de estructuras de crecimiento en piezas duras (otolitos). Así, la determinación de la edad de un ejemplar se realiza a partir de la cuantificación de los anillos de crecimiento anuales (opacos e hialinos) formados alternativamente, y que se corresponden con períodos de crecimiento rápido y lento, respectivamente. Los resultados obtenidos por lecturas directas se consideran más adecuados al considerarse la partición edades a partir de la disposición de los anillos de crecimiento más clara y consistente, particularmente cuando existe solapamiento en las tallas de las distintas clases de edad (Casselman, 1983).

Antes de utilizar esta metodología de manera rutinaria, es necesario realizar una prueba de validación que demuestre la existencia de periodicidad en la formación de dichos anillos a lo largo del año, además de conocer la frecuencia de formación de

éstos. Para ello, hemos de examinar la evolución del tipo de borde (hialino y opaco) a lo largo del año.

En la Figura 4.22 queda patente, tanto la periodicidad en la formación de los anillos de crecimiento, como la frecuencia de éstos. El anillo de crecimiento rápido (opaco) se formaría desde mayo a octubre, mientras que el anillo de crecimiento lento o de descanso (hialino) coincide con los meses de otoño e invierno. Es evidente la alternancia en la deposición de mayor (opaco) o menor (hialino) materia orgánica, calcificada en forma de carbonato cálcico, confirmando la periodicidad anual en la formación de ambos anillos de crecimiento.

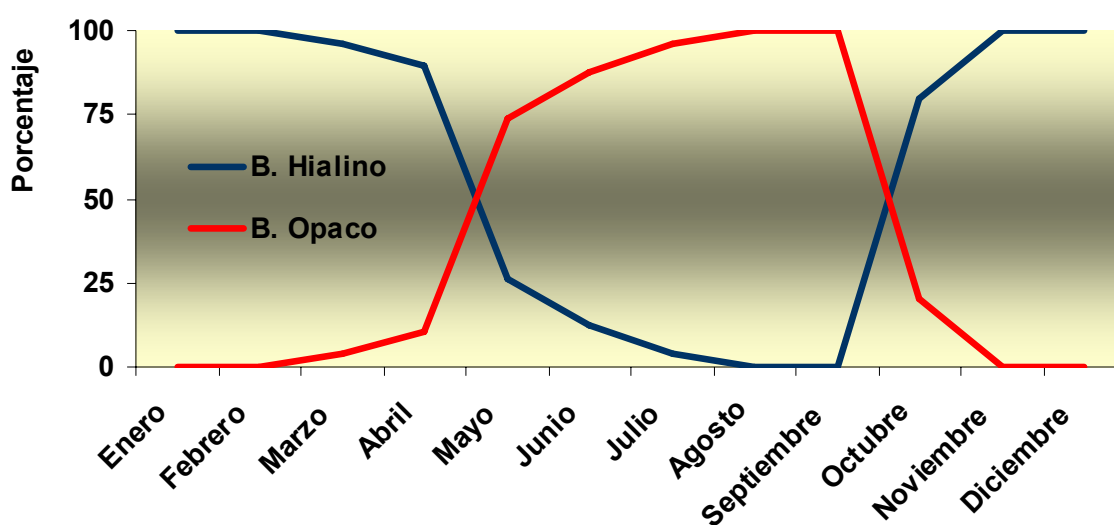


Figura 4.22. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Evolución mensual del tipo de borde del otolito.

Los resultados de las tres lecturas coincidentes quedan reflejados en la clave talla-edad (Tablas IV.VIII y IV.IX) que asigna un número (o porcentaje) de ejemplares de cada clase de edad por clase de talla. Las claves son una herramienta indispensable en las evaluaciones analíticas, pues transforman las distribuciones de talla de las capturas en distribuciones por edad.

Además (Tablas IV.X y IV.XI), se elaboraron claves talla-edad (en número y porcentaje) a partir de únicamente dos lecturas coincidentes, siempre que éstas correspondieran a diferentes lectores.

Tabla IV.VIII. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Clave talla-edad (ALK), en número, a partir de tres lecturas coincidentes.

Talla/Edad	0	1	2	3	4	5	6	7	8	N
11	7									7
12	15									15
13	12									12
14	1									1
15		1								1
16		3								3
17		3								3
18		1								1
19		1								1
20			1							1
21			2							2
22			2							2
23			1							1
24			1	1						2
25				4						4
26				1						1
27				1						1
28				1	1					2
29				3	4	2				9
30				4	14	3				21
31				4	15	6				25
32					21	13				34
33					16	5				21
34					10	13				23
35					9	16				25
36					5	5	1			11
37					5	5	2			12
38					2	7	3	1		13
39						4	3	1		8
40						1	1	1		3
41						3	5	1		9
42						2	2	3		7
43						1	5	1	1	8
44							1			1
45								1		1
46									1	1
47								1		1
48								1	2	3
49								1		1
50								1	1	2
51									1	1
52									1	1
53									1	1
54									1	1
N	35	9	7	19	102	86	23	13	9	303

Tabla IV.IX. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Clave talla-edad (ALK), en porcentaje, a partir de tres lecturas coincidentes.

Talla/Edad	0	1	2	3	4	5	6	7	8	% total
11	100									100
12	100									100
13	100									100
14	100									100
15		100								100
16		100								100
17		100								100
18		100								100
19		100								100
20			100							100
21			100							100
22			100							100
23			100							100
24			50	50						100
25				100						100
26				100						100
27				100						100
28				50	50					100
29				33	44	23				100
30				19	67	14				100
31				16	60	24				100
32					62	38				100
33					76	24				100
34					43	57				100
35					36	64				100
36					45	45	10			100
37					42	42	16			100
38					15	54	23	8		100
39						50	38	12		100
40						33	34	33		100
41						33	56	11		100
42						29	29	42		100
43						12	63	13	12	100
44							100			100
45								100		100
46									100	100
47								100		100
48								33	67	100
49								100		100
50								50	50	100
51									100	100
52									100	100
53									100	100
54									100	100

Tabla IV.X. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Clave talla-edad (ALK), en número, a partir de dos lecturas coincidentes.

Talla/Edad	0	1	2	3	4	5	6	7	8	N
11	7									7
12	15									15
13	12									12
14	1									1
15		1								1
16		3								3
17		3								3
18		1	1							2
19		1								1
20			2							2
21			3							3
22			2							2
23			1							1
24			1	1						2
25				4						4
26				1						1
27				2						2
28				2	2					4
29				5	6	5				16
30				8	19	6				33
31				6	25	9				40
32				3	32	17				52
33				2	27	10				39
34				1	12	16				29
35				2	10	19				31
36				1	8	6	1			16
37				1	7	8	4			20
38				1	2	10	4	1		18
39						5	6	1		12
40						3	4	2	1	10
41						3	8	1		12
42						3	4	3		10
43						1	6	2	1	10
44							1			1
45							1	3		4
46							1		1	2
47								1		1
48								1	2	3
49								2		2
50								1	2	3
51									1	1
52									1	1
53									1	1
54									1	1
N	35	9	10	40	150	121	40	18	11	434

Tabla IV.XI. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Clave talla-edad (ALK), en porcentaje, a partir de dos lecturas coincidentes.

Talla/Edad	0	1	2	3	4	5	6	7	8	% total
11	100									100
12	100									100
13	100									100
14	100									100
15		100								100
16		100								100
17		100								100
18		50	50							100
19		100								100
20			100							100
21			100							100
22			100							100
23			100							100
24			50	50						100
25				100						100
26				100						100
27				100						100
28				50	50					100
29				31	38	31				100
30				24	58	18				100
31				14	63	23				100
32				6	62	32				100
33				5	69	26				100
34				3	42	55				100
35				6	32	62				100
36				6	50	38	6			100
37				5	35	40	20			100
38				6	10	56	22	6		100
39						42	50	8		100
40						30	40	20	10	100
41						25	67	8		100
42						30	40	30		100
43						10	60	20	10	100
44							100			100
45							25	75		100
46							50		50	100
47								100		100
48								33	67	100
49								100		100
50								33	67	100
51									100	100
52									100	100
53									100	100
54									100	100

A partir de la clave talla-edad, estamos en disposición de estimar las tallas medias por clase de edad usando el punto medio de cada clase de talla. Los resultados obtenidos: Talla media, desviación típica y coeficiente de variación por clase de edad, aparecen reflejados en la Tabla IV.XII.

Tabla IV.XII. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Talla media (y dispersión) por clase de edad, obtenidas de las claves talla-edad a partir de las lecturas de otolitos (3 y 2 coincidencias).

	Edad								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Talla media (cm)	12,4	17,3	22,4	28,7	33,1	35,3	40,9	44,0	49,9
Desv. típica	0,73	1,20	1,35	2,49	2,23	3,14	2,33	3,91	3,54
Coef. variación	0,06	0,07	0,06	0,09	0,07	0,09	0,06	0,09	0,07
Talla media (cm)*	12,4	17,3	21,7	30,7	33,0	35,1	41,0	44,3	49,1
Desv. típica*	0,73	1,20	1,69	3,33	2,16	3,25	2,37	3,67	4,27
Coef. variación*	0,06	0,07	0,08	0,11	0,07	0,09	0,06	0,08	0,09

*Tallas medias, desv. típica y coef. de variación por clase de edad a partir de sólo dos lecturas coincidentes

En nuestro caso, no existen grandes diferencias, empleando tres o dos lecturas coincidentes. De hecho, un estadístico de contraste de medias (T test) entre los pares de tallas medias obtenidas por clase de edad, da como resultado la ausencia de diferencias significativas. Los resultados del test, con un valor de significación (bilateral) de 0,839 (mayor que 0,05) impiden rechazar la hipótesis nula (H_0) de igualdad de medias. Por ello, podríamos utilizar cualquiera de ellas para transformar una distribución de tallas en edad. Sin embargo, la clave talla-edad de dos lecturas coincidentes presenta un mayor número de ejemplares por clase de edad, sobre todo en las edades 4, 5 y 6, que son aquellas sobre las que en mayor medida incide la pesquería, y como veremos en el capítulo referente a la evaluación del recurso (Capítulo 5) las diferencias de utilizar una u otra ALK son importantes en este aspecto, aunque no tanto a la hora de estimar la ecuación de crecimiento de la especie.

Pueden usarse varios modelos para representar el crecimiento mediante ecuaciones matemáticas simples. Aquí utilizamos las tallas medias para la estima de los parámetros de crecimiento del modelo de crecimiento propuesto por Von Bertalanffy (VBGF), al ser éste el más comúnmente empleado en especies marinas, de acuerdo con la metodología sugerida por Beverton y Holt (1957).

Los parámetros de crecimiento resultantes de las tres y dos lecturas coincidentes se presentan en la Tabla IV.XIII.

Tabla IV.XIII. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Parámetros de la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy estimados a partir de las claves talla-edad (ALK) con tres y dos lecturas coincidentes.

Área de estudio	Lecturas coincidentes	t_0	k	L_∞	r^2
Estrecho de Gibraltar	3	-0,67	0,169	58	0,98
Estrecho de Gibraltar	2	-0,68	0,169	58	0,98

A partir de estos valores podemos representar gráficamente el patrón de crecimiento de la especie, a partir de la función de Von Bertalanffy, como aparece en la Figura 4.23.

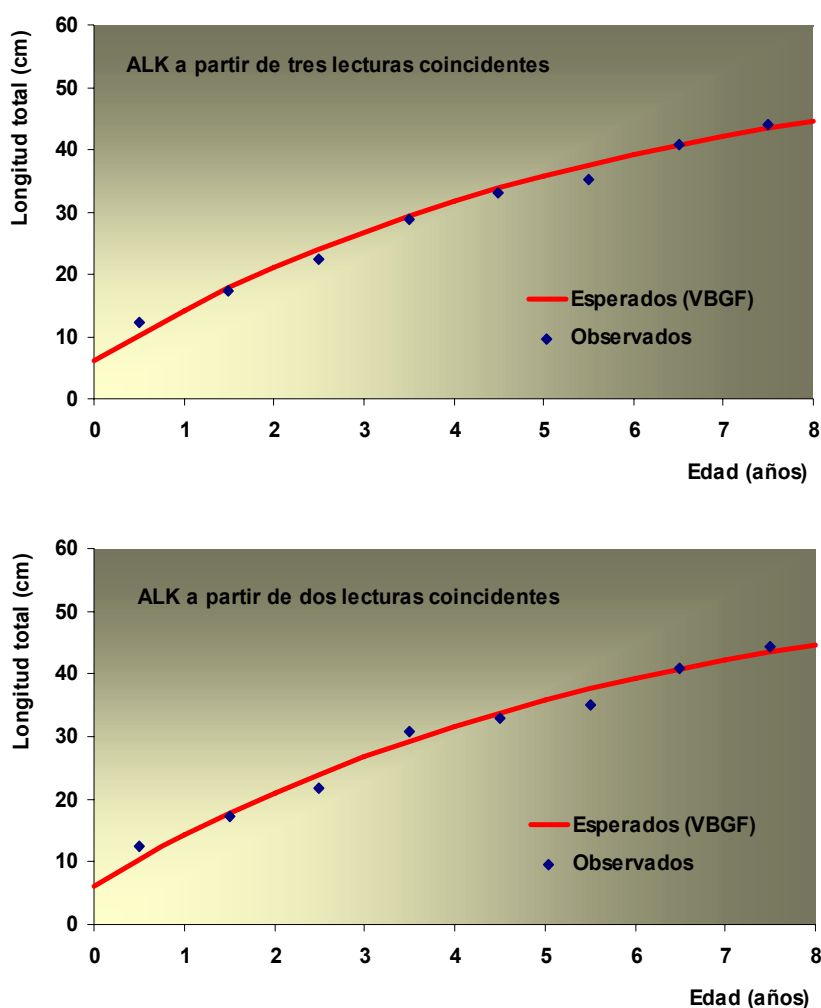


Figura 4.23. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Curvas de crecimiento estimadas a partir de tallas medias por edad procedentes de claves talla-edad (ALK) con tres y dos lecturas coincidentes.

Las tallas medias por clase de edad observadas (en las claves talla-edad propuestas) no difieren en gran medida de las esperadas en la aplicación de la función de crecimiento de Von Bertalanffy, observándose en ambos casos un coeficiente de determinación (r^2) de 0,98. El patrón de crecimiento se ajusta, por tanto, al modelo

propuesto de crecimiento rápido al inicio y ralentización en las edades adultas. La curva de crecimiento propuesta suele cortar el eje de abscisas en un valor diferente a cero. Así, la edad teórica a talla cero, t_0 , presenta normalmente un bajo valor negativo (aunque también puede ser positivo) debido a que los ejemplares juveniles, especialmente si se trata de especies en las que el área de cría tiene diferentes condiciones ambientales, pueden presentar un crecimiento significativamente diferente al de los adultos. Así, este parámetro tendría significado como simple factor de ponderación en la curva de crecimiento. Sin embargo, una interpretación biológica es que cuando éste es negativo, los ejemplares juveniles crecen más rápidamente que lo esperado según la curva de crecimiento de los adultos (King, 1995).

De cualquier manera, los valores observados en la ALK con tres lecturas coincidentes, por ejemplo, no se ajustan a una función continua. Así, al analizar por tramos la evolución de la tasa de crecimiento (Figura 4.24) encontramos que, como cabría esperar en un modelo asintótico, ésta tiende a decrecer con la edad.

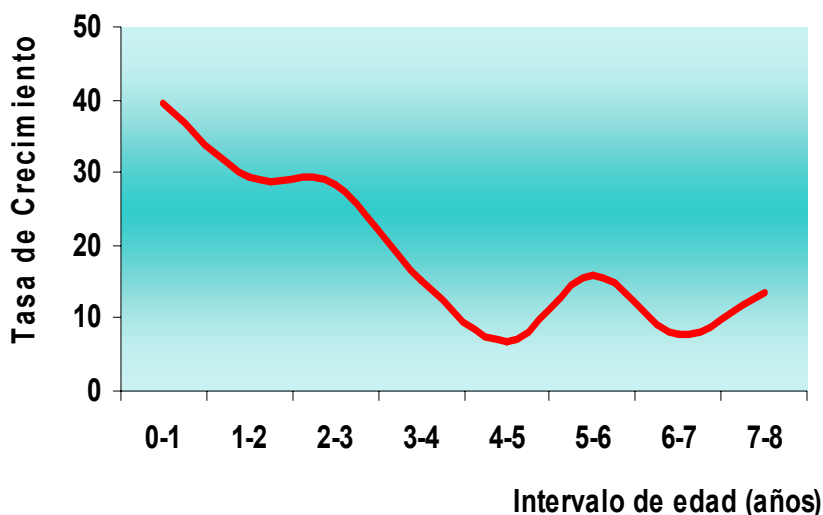


Figura 4.24. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Tasas de crecimiento interanual observadas.

Sin embargo, en esta tendencia observamos una anomalía en principio sorprendente: El valor más bajo no se encuentra en el intervalo de las últimas edades, sino en el correspondiente a las edades 4-5. Debemos pensar que esta ralentización del crecimiento está provocada por el proceso de inversión sexual. Los ejemplares destinarían más energía en la transformación y desarrollo de su gónada funcional que en el crecimiento. Un comportamiento similar fue descrito por Balguerías en 1993 en la chopo (*Spondyllosoma cantharus*) del Banco Sahariano. Una vez sufrida la inversión

sexual, la tasa de crecimiento volvería a incrementarse levemente para ya ralentizarse en los últimos intervalos de edad. Las anomalías con respecto a la tendencia general observadas en los intervalos 1-2 y 2-3 en el 6-7 y 7-8, parecen deberse al bajo nivel de muestreo de estas edades más que a una variación motivada por factores biológicos que provoquen realmente diferentes ritmos de crecimiento. Este hecho desvirtúa las tallas medias por edad observadas en estos intervalos.

En consecuencia con lo argumentado anteriormente, el voraz está considerado una especie de crecimiento lento: Coupé (1954) obtuvo hasta 12 años de edad en ejemplares procedentes de las costas de Marruecos, mientras que Ramos y Cendrero (1967), Gueguen (1969) y Sánchez (1983) notificaron edades máximas de 12, 20 y 10 años, respectivamente, para la población del Cantábrico. Respecto a la población de Azores, se ha recogido una edad máxima de 15 años en un ejemplar de 57 cm de longitud (Krug, 1994). Es evidente que la edad máxima de 8 años obtenida para la población del Estrecho de Gibraltar no parece demasiado acertada. Este hecho debe achacarse a que la lectura de otolitos de ejemplares más viejos se complica, ya que los anillos principales no destacan por su intensidad e incluso pueden llegar a solaparse en las cercanías del borde. Por ello, la obtención de lecturas coincidentes en los ejemplares de mayor talla es desgraciadamente muy escasa. Además, esta fracción de la población es la que presenta menor intensidad de muestreo. Parece natural que en la población existan ejemplares mayores de la edad 8 ya que las experiencias de marcado-recaptura realizadas sobre la población adulta no reflejan desplazamientos importantes de los ejemplares adultos (Sobrino y Gil, 2001; Canoura *et al.*, 2006). Más adelante, antes de concluir este capítulo, incidiremos sobre este asunto al referirnos a la estimas de la mortalidad natural de la especie objetivo de esta Memoria.

El test de Chow (1960) demuestra que no existen diferencias significativas ($p > 0,001$) en el crecimiento de las claves de tres y dos coincidencias. Este tipo de test suele utilizarse para analizar curvas de crecimiento de diferentes años y en el caso de que no sean significativamente diferentes, poder emplear una ALK combinada. En nuestro caso, al proceder las ALK del mismo periodo temporal, es innecesaria la elaboración de una clave talla-edad combinada, ya que la ALK a partir de dos lecturas coincidentes incluye también las coincidencias de tres y cuatro lecturas. Como ya hemos adelantado, y también veremos con posterioridad en el siguiente capítulo, este hecho tiene especial relevancia en el proceso de evaluación, ya que la matriz de

capturas (por edad) es un requisito esencial para la evaluación analítica del recurso explotado.

Dejando atrás la ecuación de crecimiento, también es posible deducir la talla de los individuos en el momento de la formación de los anillos de crecimiento de los otolitos. A esta técnica se la conoce como «retrocálculo» y está basada en la búsqueda de una relación apropiada entre la medida de la pieza esquelética (en nuestro caso otolito) y la talla del ejemplar del que se ha extraído. De esta manera, a partir de la medición de un otolito estaremos en disposición de estimar la talla del ejemplar del que procede. Los resultados se aplican principalmente en estudios de alimentación, ya que estas piezas duras tardan más en digerirse y su presencia en el estómago de un predador permite, tanto el establecimiento de la dieta de éste, como el rango de talla de las presas.

De los pares de otolitos con lecturas válidas se tomaron la medida máxima y una medida pasando por el centro, tanto del otolito derecho como del izquierdo. Un primer análisis (Tabla IV.XIV) de contraste de medias demuestra que no existen diferencias significativas entre las medidas de uno y otro otolito ($p > 0,05$).

Tabla IV.XIV. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Contraste estadístico (T test) entre medidas realizadas en los otolitos derecho e izquierdo.

Medida	t	Grados de libertad	Significación (bilateral)
Medida máxima	0,338	216	0,736
Medida centrada	-0,645	211	0,519

Los pares de valores, medida del otolito-talla ejemplar, resultantes se han ajustado a un modelo de crecimiento alométrico:

$$L = aMO^b$$

donde L es la longitud total del ejemplar (mm), MO la medida, máxima o centrada, del otolito (mm) y a y b los parámetros de regresión (Figura 4.25).

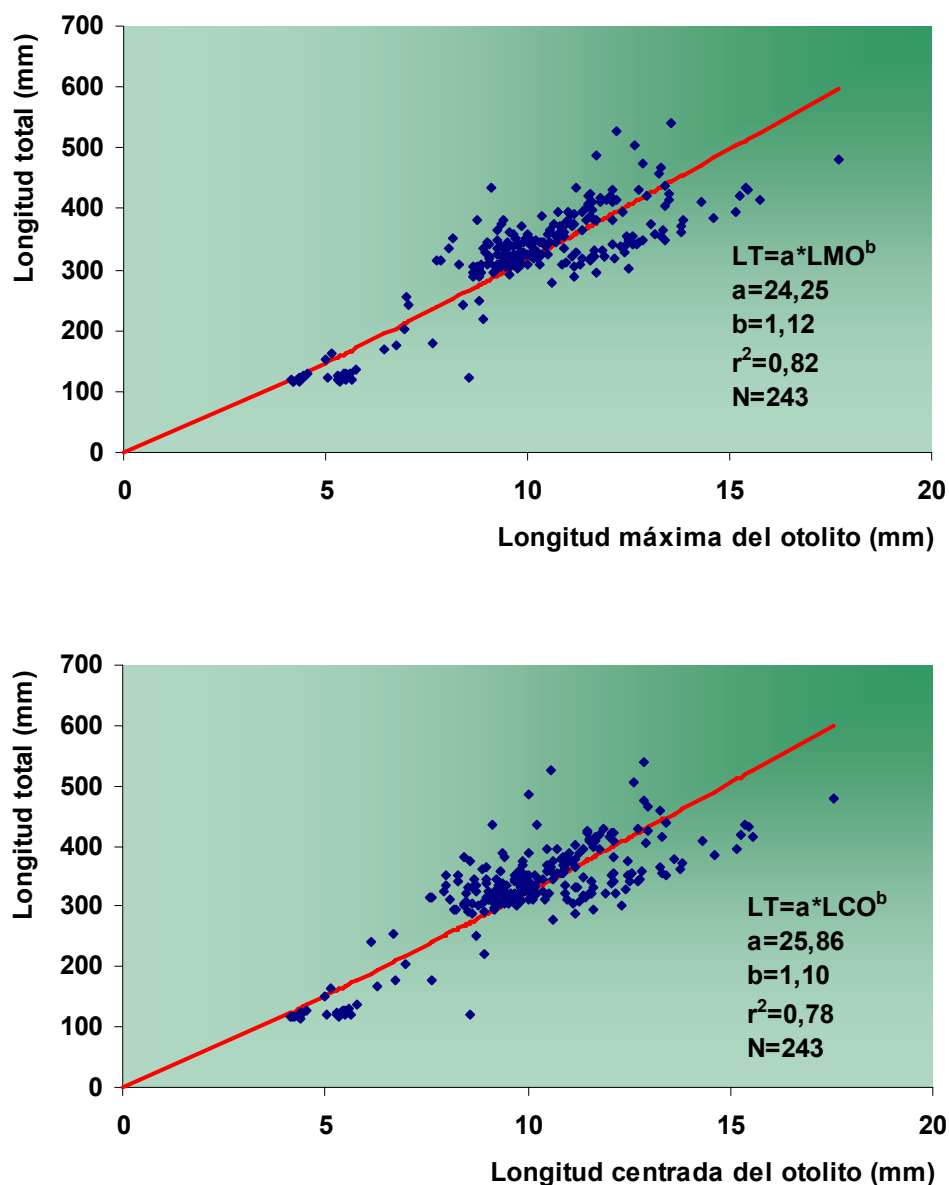


Figura 4.25. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Relación entre la medida máxima y centrada del otolito y la longitud total del ejemplar de procedencia.

Al coincidir con un mayor valor del coeficiente de determinación ($r^2=0,82$), la relación entre la medida máxima del otolito y la talla del ejemplar parece la más adecuada.

El marcado de peces, o invertebrados, constituye una técnica ampliamente utilizada en biología pesquera por la gran utilidad de los datos obtenidos. En determinadas circunstancias los datos de marcado-recaptura pueden usarse para estimar el tamaño poblacional, las tasas de mortalidad y migración, así como la tasa de crecimiento (King, 1995).

Los resultados obtenidos del análisis del incremento de talla de las 165 recapturas de las campañas de marcado se reflejan en la Tabla IV.XVI.

Tabla IV.XVI. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Parámetros de crecimiento estimados a partir de las experiencias de marcado-recaptura.

Método	L_{∞}	k
Gulland y Holt (1959)	60,83	0,102
Gulland y Holt (1959)	58,00*	0,112
Munro (1985)	42,06	0,293
Munro (1985)	58,00*	0,112
Fabens (1965)	60,83	0,165
Fabens (1965)	58,00*	0,165

*Valor fijado por el usuario

Evidentemente el valor de k difiere según fijemos o no el valor de L_{∞} . Para poder contrastar estos resultados con los obtenidos mediante la lectura de otolitos debemos fijar, como ya hicimos en el caso anterior, dicha talla máxima. Así, la tasa de crecimiento, k , obtenida es muy similar en el caso de la metodología propuesta por Fabens para análisis de recapturas (1965) y la estimada a partir de las tallas medias por edad procedentes de la lectura de otolitos (0,165 y 0,169, respectivamente). Los valores de k más bajos estimados mediante el método de Gulland y Holt (1959) y Munro (1985) podrían explicarse por la disminución del crecimiento natural debido al marcado del ejemplar. Esta alteración del crecimiento no es tan sensible con el método de Fabens, ya que primero estimamos una talla de recaptura esperada (L_r') para seguir un proceso iterativo de minimización de residuos, variando los parámetros a estimar (en este caso k y L_{∞}).

Una vez estimados los parámetros de crecimiento podríamos evaluar su fiabilidad. Lo primero que debe hacerse es comparar los parámetros obtenidos (k , t_0 y L_{∞}) con los de otros estudios de crecimiento sobre la misma especie, si es que tales trabajos existen. Generalmente es difícil definir una única solución para este tipo de problemas. Diferentes valores de k , t_0 y L_{∞} pueden dar lugar a curvas de crecimiento muy similares. En realidad, no se deben comparar los parámetros obtenidos uno a uno sino las curvas de crecimiento resultantes de éstos.

La Figura 4.26 muestra diferentes curvas de crecimiento del voraz a partir de los parámetros de crecimiento existentes en la bibliografía. Las propuestas por Ramos (1967), Gueguen (1969) y Sánchez (1983) se refieren a la población del Cantábrico

mientras que las de Krug (1994), Menezes *et al.* (2001) y Pinho (2003) corresponden a la población de las Islas Azores.

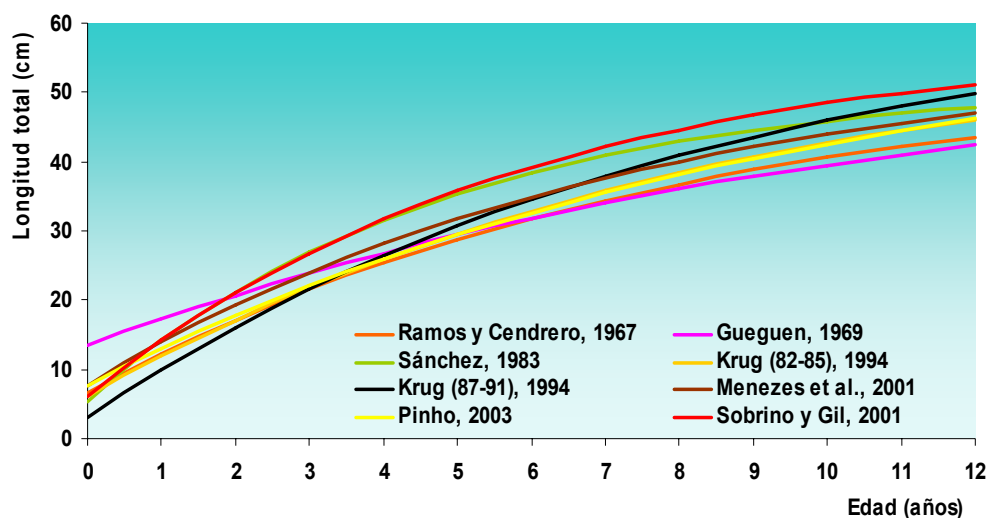


Figura 4.26. Curvas de crecimiento de *Pagellus bogaraveo* por área de estudio y autores.

La curva de crecimiento estimada por Sánchez en 1983 para la población del Cantábrico, es prácticamente igual a la obtenida para la población del Estrecho de Gibraltar, objeto del presente estudio: Hasta la edad 8 ambas se solapan. Es un claro ejemplo de lo comentado anteriormente de cómo valores de los parámetros de crecimiento diferentes pueden dar como resultado curvas de crecimiento similares. En cualquier caso, excepto en la curva procedente del trabajo de Gueguen (1969), es evidente la similitud de los perfiles de las curvas de crecimiento analizadas.

Para evitar un análisis meramente visual, Munro y Pauly (1983) propusieron un test de comparación de curvas de crecimiento bajo la denominación de «test phi-prima (ϕ')». Este test sugiere un rendimiento global del crecimiento definido por el índice ϕ' , basado en el descubrimiento de Pauly (1979), que obtuvo valores de este índice muy similares entre taxas afines, ajustándose éstos a una distribución normal aguda y estrecha. Moreau *et al.* (1986) analizaron 100 poblaciones diferentes de la especie *Tilapia* y estimaron otros cuatro índices alternativos de rendimiento global del crecimiento. Sin embargo, llegaron a la conclusión de que ϕ' era el índice de rendimiento global del crecimiento más adecuado, al presentar menor varianza que tratando L_{∞} y k de forma individual (Leonce-Valencia y Defeo, 1997). Por lo tanto, si disponemos de parámetros de crecimiento de varios stocks de la misma especie (o incluso de especies pertenecientes al mismo género) será posible evaluar la fiabilidad de una curva de crecimiento estimada por medio de la comparación de los distintos ϕ' resultantes.

Las curvas de crecimiento estimadas para una misma especie pueden ser muy diferentes a pesar de tener valores similares del índice ϕ' . Sin embargo, si dos valores de ϕ' que representan estimaciones distintas de parámetros de un mismo stock difieren en gran medida es indicativo de que una o las dos estimaciones pudieran estar sesgadas.

La Tabla IV.XVI ofrece los parámetros de crecimiento referentes al voraz, aportados por distintos autores y áreas de estudio. Además, se han incorporado los valores procedentes de las estimas de los parámetros de crecimiento obtenidos a partir de las recapturas de ejemplares de las campañas de marcado presentados en esta Memoria. A partir de éstos estamos en disposición de calcular el correspondiente ϕ' , cuyo valor se integra en dicha tabla.

Los valores obtenidos de ϕ' (Figura 4.27) se distribuyen alrededor de un valor medio de 2,65 en un rango de 2,47 (Gueguen en el Cantábrico) a 2,79 (Estrecho de Gibraltar), sin sugerir diferencias en el crecimiento entre las distintas áreas, puesto que para el estudio de Sánchez para la población del Cantábrico arroja un valor de ϕ' de 2,74, que es prácticamente igual al obtenido para el Estrecho de Gibraltar. Los valores obtenidos por Krug para la población de Azores, debido a su variabilidad, se aproximan tanto a los mínimos obtenidos en el Cantábrico por Gueguen y Ramos como a los máximos del Estrecho de Gibraltar.

Tabla IV.XVI. Parámetros de crecimiento y valores del Índice de Rendimiento Global (ϕ') resultante en diferentes áreas de distribución de la especie.

Autor	Area de estudio	Método	t_0	k	L_∞	Phi (ϕ')
Ramos, 1967	Cantábrico	Directo	-1,02	0,127	53,86	2,57
Gueguen, 1969	Cantábrico	Directo	-2,92	0,092	56,80	2,47
Sánchez, 1983	Cantábrico	Directo	-0,53	0,209	51,56	2,74
Krug (1982-1985), 1994	Azores	Directo	-0,91	0,118	58,89	2,61
Krug (1987-1991), 1994	Azores	Directo	-0,39	0,121	64,18	2,70
Menezes <i>et al.</i> , 2001	Azores	Directo	-1,08	0,135	56,67	2,64
Pinho, 2003	Azores	Directo	-1,29	0,102	62,24	2,60
Sobrinho y Gil, 2001	Estr. de Gibraltar	Directo	-0,67	0,169	58,00*	2,75
Marcado-Recaptura	Estr. de Gibraltar	Directo ⁽¹⁾		0,112	58,00*	2,58
Marcado-Recaptura	Estr. de Gibraltar	Directo ⁽²⁾		0,112	58,00*	2,58
Marcado-Recaptura	Estr. de Gibraltar	Directo ⁽³⁾		0,165	58,00*	2,74
Marcado-Recaptura	Estr. de Gibraltar	Directo ⁽¹⁾		0,102	60,83	2,58
Marcado-Recaptura	Estr. de Gibraltar	Directo ⁽²⁾		0,293	42,06	2,71
Marcado-Recaptura	Estr. de Gibraltar	Directo ⁽³⁾		0,165	60,83	2,79
⁽¹⁾ Gulland y Holt, 1959 ⁽²⁾ Munro, 1982 ⁽³⁾ Fabens, 1965						
*Fijado por el usuario						

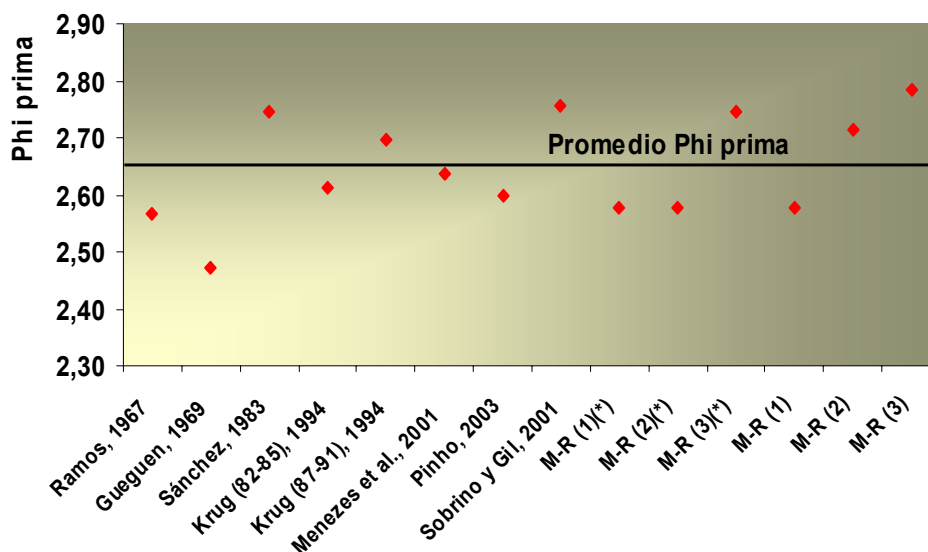


Figura 4.27. Distribución de las ϕ' de Munro (1983) de *Pagellus bogaraveo*. La línea gruesa representa un índice de crecimiento global promedio.

A la vista de los resultados, podemos suponer que el voraz presenta patrones de crecimiento similares independientemente del área. Debemos resaltar que dicha suposición, no denota la asunción de un único stock de la especie: Los patrones de crecimiento son similares, pero no iguales.

4.3.4. Migraciones

El voraz se distribuye por todo el litoral ibérico, desde la costa hasta los setecientos metros de profundidad. Los ejemplares jóvenes, conocidos como «pachanes», suelen tener costumbres litorales, con una marcada tendencia a la agregación, internándose en puertos y escolleras. Conforme va creciendo, la especie se desplaza hacia aguas más profundas. Ya han sido descritos desplazamientos verticales y horizontales en otras poblaciones de esta especie en otras áreas (Gueguen, 1974).

En las campañas de marcado de juveniles se marcaron un total de 3018 ejemplares: 1590 y 1428, respectivamente. El rango de tallas abarca de los 12 a los 28 cm con una talla media de 19,7 cm. Del total de ejemplares marcados, el 50,4 % corresponde a tallas menores de 20 cm y el 49,6 % restante a tallas iguales o mayores de 20 cm. Esta paridad desaparece analizando las campañas por separado. Durante la campaña de 1997, se marcaron más individuos de talla igual o superior a 20 cm invirtiéndose esta tendencia en 1998, siendo las tallas medias de 20,4 y 18,9 cm en la primera y segunda campañas, respectivamente (Tabla IV.XVII).

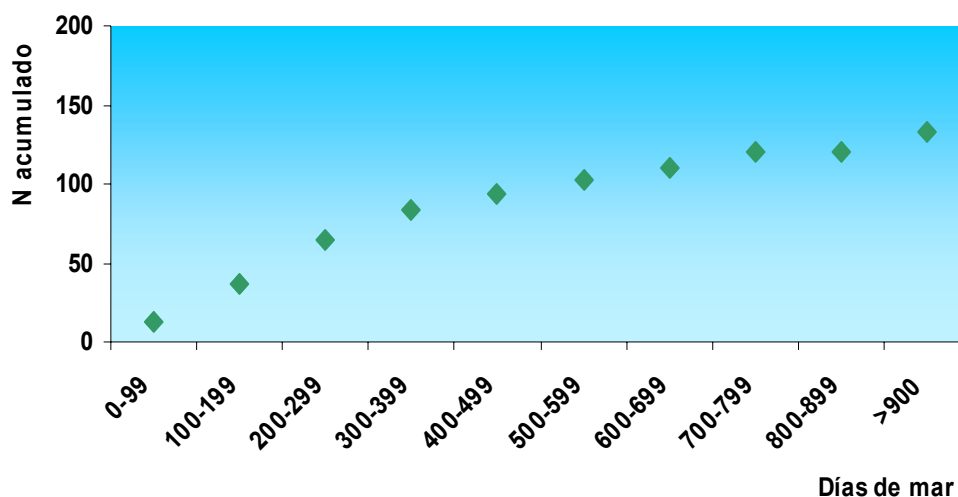
Tabla IV. XVII. Campañas de marcado de voraces juveniles: Estepona 97 y Sotogrande 98.

Campaña	Nº marcas	Rango de talla	Talla media	< 20 cm	≥ 20 cm
Estepona 97	1590	13-28 cm	20,4 cm	632 (39,7%)	958 (60,3%)
Sotogrande 98	1428	12-27 cm	18,9 cm	888 (62,2%)	540 (37,8%)
Total	3018	12-28 cm	19,7 cm	1520 (50,4%)	1498 (49,6%)

Durante la realización de las campañas de marcado, quedó patente la diferente distribución batimétrica de la especie en función de su talla. Ejemplares de tallas pequeñas son más costeros, mientras que los de mayor talla se encuentran a mayor profundidad. Así, según fuera la profundidad de calado del arte de pesca los voraces capturados eran menos o más grandes.

Por ello, una primera conclusión tras las experiencias de marcado en la Región Surmediterránea, es que el tamaño de los ejemplares parece estar relacionado con la profundidad a la que son capturados, confirmando lo descrito por otros autores en otras áreas (Desbrosses 1938; Gueguen, 1974).

El número de ejemplares recapturados, hasta el 31 de diciembre de 2003, es de 133, lo que supone una tasa de recaptura del 4,5%. La Figura 4.28 muestra el número acumulado de recapturas y sus días de libertad. Dos tercios de las recapturas se produjeron durante el año posterior a su suelta.

**Figura 4.28.** Número acumulado de recapturas procedentes de las campañas de marcado de voraces juveniles (Estepona 97 y Sotogrande 98).

Las notificaciones de estas recapturas proceden de diferentes fuentes. El hecho de que, prácticamente todas las recapturas son notificadas por pescadores deportivos o profesionales, sugiere que la marca es suficientemente visible,

especialmente en el caso de ejemplares juveniles. Por otro lado, la diversidad de las notificaciones influye en la calidad de la información aportada en cada recaptura: Desde aquellas con ausencia de información del número de la marca, talla de recaptura, hasta, en el extremo contrario, la notificación completa de la recaptura con información completa acerca de la fecha, situación y talla, e incluso la entrega del ejemplar.

El tiempo transcurrido entre el marcado y recaptura aparece reflejado en la Figura 4.29. Como ya hemos mencionado, gran parte de las recapturas corresponden a las notificadas por pescadores deportivos en áreas cercanas a la de las campañas de marcado. Entre las recapturas incluimos dos ejemplares marcados durante la campaña de 1997, recapturados y vueltos a liberar en la campaña del año siguiente. Algunos de estos ejemplares han permanecido cercanos al área de marcado más de dos años.

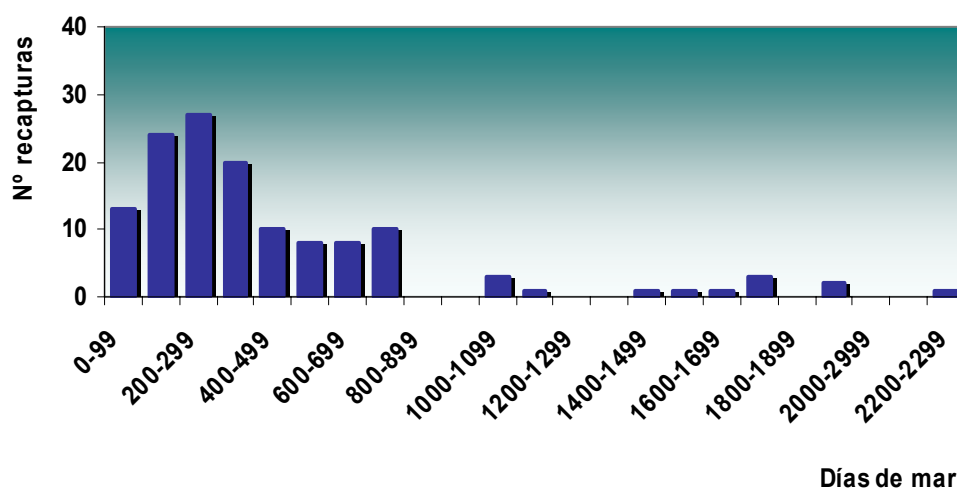


Figura 4.29. Campañas de marcado de voraces juveniles: Tiempo transcurrido, en días de mar, entre el marcado y la recaptura.

Los ejemplares con supervivencia menor de 400 días son, en su mayoría, recapturas cercanas a la zona de marcado donde se desarrolla una importante pesca deportiva. Con el paso del tiempo, éstas suelen producirse a mayor profundidad corroborando movimientos batimétricos del voraz (Gil *et al.*, 2001).

Es obvio que para que se produzca la recaptura de una marca es necesario que coincidan en el espacio y en el tiempo, un ejemplar marcado y un barco de pesca. Por ello, si tan sólo analizáramos la distribución batimétrica de las marcas, podríamos estar observando el comportamiento de la flota recreativa en lugar del comportamiento de los voraces.

El ejemplar marcado con mayor tiempo de permanencia en la mar es un recaptura obtenida en el caladero conocido como «Palangre Barbate» ($35^{\circ}55'10''$ N / $6^{\circ}04'76''$ O), el 9 de septiembre del 2003. Este voraz se marcó durante la primera campaña, el 21 de agosto de 1997, por tanto, han transcurrido más de cinco años (2210 días) hasta que fue recapturado por una voracera de Tarifa.

La notificación de recapturas más alejadas (Figura 4.30) da idea de la movilidad de los juveniles de esta especie. El voraz marcado que presenta un mayor desplazamiento geográfico fue recapturado en el Cabo de Gata (Almería) transcurridos 416 días desde su marcado. Movimientos estacionales de esta especie fueron ya puestos de manifiesto por Gueguen (1974) en la población del Cantábrico, mediante el marcado de ejemplares mayores de 30 cm capturados con red de arrastre, entre los 130 y 150 m de profundidad.

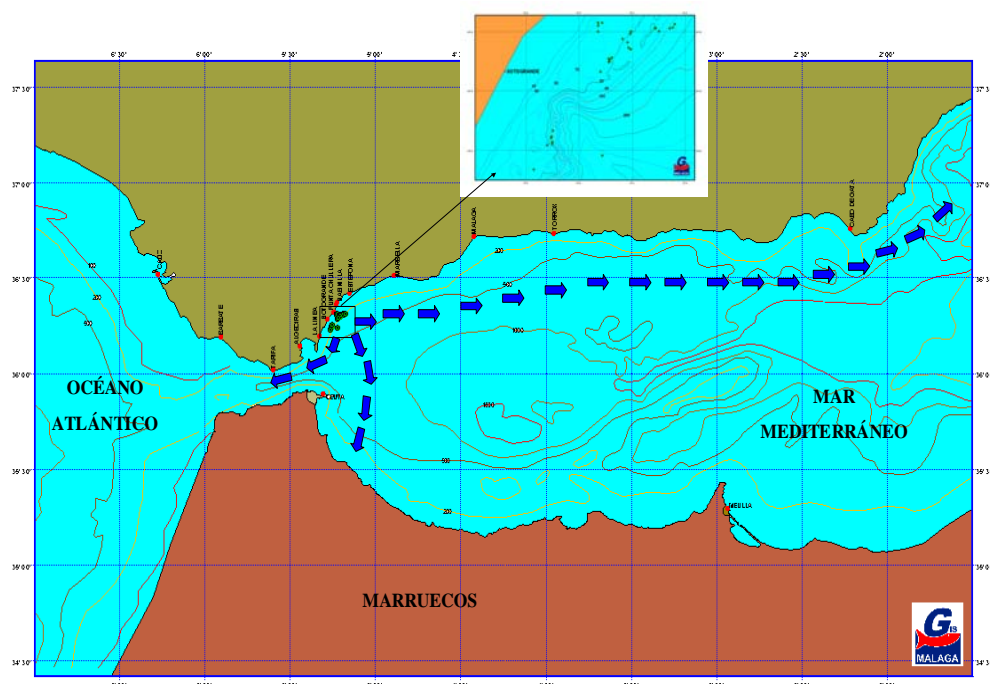


Figura 4.30. Campañas de marcado de voraces juveniles: Zona de marcado y movimientos de las recapturas.

En nuestro caso, al tratarse de individuos juveniles y tras un periodo de cría, éstos se dirigen, principalmente, hacia el Estrecho de Gibraltar, donde tenemos constancia de varias recapturas por la flota voracera comercial de Algeciras y Tarifa. Por otro lado, dos de las recapturas se han producido en las cercanías de Ceuta, donde también existe pesquería comercial.

Contrariamente, tres ejemplares han navegado hacia levante, recapturándose en las costas de Málaga (Marbella y Torrox) y en el Cabo de Gata (Almería), reflejando también un desplazamiento hacia otras zonas del Mediterráneo.

En las campañas de marcado de adultos se marcaron un total de 1602 ejemplares: 979 y 623, respectivamente. Las tallas comprendieron desde los 21 hasta los 52 cm de longitud total con una talla media de 33,8 cm. Del total marcado, el 89 % corresponde a tallas menores de 40 cm y el 11 % restante a tallas iguales o mayores de 40 cm. Analizando las campañas separadamente, observamos que durante la campaña de 2002 se marcaron individuos más grandes a pesar de que el número total de ejemplares marcados fue menor (Tabla IV.XVIII).

Tabla IV. XVIII. Campañas de marcado de voraces adultos: Tarifa 01 y Tarifa 02.

Campaña	Nº marcas	Rango de talla (cm)	Talla media (cm)	< 40 cm	≥ 40 cm
Tarifa 01	979	21-52	33,3	939 (95,9%)	40 (4,1%)
Tarifa 02	623	21-48	34,6	486 (77,9%)	138 (22,1%)
Total	1602	21-52	33,8	1425 (88,9%)	178 (11,1%)

En el momento de la elaboración de esta Memoria, sólo se han considerado aquellas recapturas producidas hasta el 31 de diciembre de 2003 (155). La fuente de notificación de éstas es esencialmente la flota voracera que faena en el Estrecho de Gibraltar. La elevada tasa de recaptura obtenida (9,7%) da idea de la intensidad pesquera a la que está sometida la población.

El número acumulado de recapturas y sus días de libertad aparece en la Figura 4.31. El 75% de las recapturas se produjo un año después de su liberación. Además, es importante resaltar que los voraces sobreviven al proceso de marcado y sobre todo al de su captura y suelta. Hemos de recordar que el rango de profundidad de las campañas de marcado de adultos está próximo a los 200 m en adelante. Es evidente que tratamos con una especie resistente y capaz de regresar a sus fondos habituales, ¡y con un regalo insertado en el lomo!

La Figura 4.32 muestra el tiempo transcurrido entre el marcado y la recaptura de los ejemplares adultos del Estrecho de Gibraltar. El voraz con mayor tiempo de permanencia en la mar es una recaptura obtenida en el caladero conocido como «Las Bajas» el 11 de octubre de 2003. Dicho ejemplar se marcó en el transcurso de la primera campaña de marcado de adultos, el 26 de febrero del 2001, en el caladero

conocido como «La Discoteca»: Pasaron 947 días hasta que fue nuevamente capturado por la embarcación voracera «Pedro y Ana».

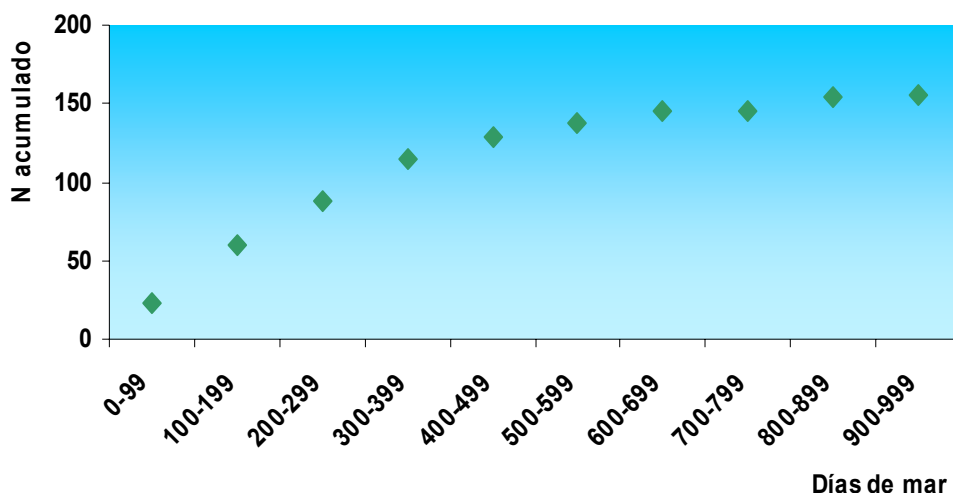


Figura 4.31. Número acumulado de recapturas procedentes de las campañas de marcado de voraces adultos (Tarifa 01 y Tarifa 02).

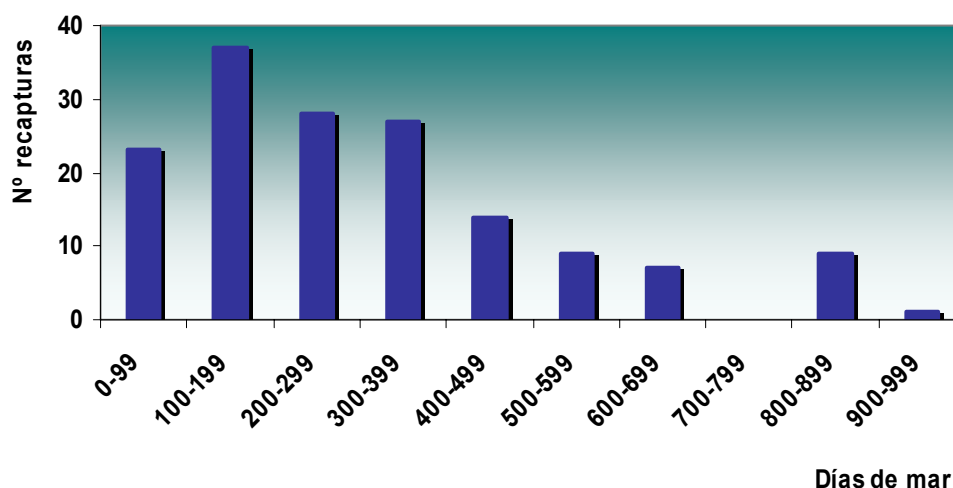


Figura 4.32. Campañas de marcado de voraces adultos: Tiempo transcurrido, en días de mar, entre el marcado y la recaptura.

Todas estas recapturas se han realizado en el Estrecho de Gibraltar por parte de la flota comercial, por lo que no parece demasiado arriesgado considerar el recurso como una unidad de población *quasi* cerrada al no presentar, los ejemplares, una movilidad acusada (Figura 4.33).

Los desplazamientos de voraces en el área de estudio, se limitan, hasta el momento, a movimientos entre los distintos caladeros donde faena la flota voracera (Gil y Sobrino, 2006; Canoura *et al.*, 2006). En este caso, estaríamos hablando de pequeños movimientos tróficos, ya que la reproducción tiene lugar en el Estrecho de

Gibraltar. La dieta del voraz está compuesta principalmente de otros peces e invertebrados. En cuanto a los peces, los mictófidios mesopelágicos constituyen la principal presa del voraz en las Islas Azores, mientras que los ofiuroideos y taliáceos son los invertebrados con mayor presencia en la dieta (Morato *et al.*, 2001). En este contexto, los ejemplares adultos de la población del Estrecho de Gibraltar se desplazarían por estas aguas en busca de su alimento.



Figura 4.33. Campañas de marcado de voraces adultos: Zona de marcado y movimientos de las recapturas.

4.3.5. Mortalidad total y natural

En términos generales en biología pesquera, la mortalidad se define, como el proceso temporal por el que van muriendo los individuos de cada una de las cohortes⁽⁶⁾ de las que se compone una población. Según sean las causas que la produzcan, la mortalidad total puede dividirse en dos componentes: Mortalidad natural y mortalidad pesquera (Pereiro, 1982).

Bajo determinadas condiciones, los datos de marcado-recaptura pueden utilizarse para estimas, tanto de mortalidad total, como de supervivencia. Estas condiciones son más rigurosas que las asumidas para los estudios de crecimiento y desplazamientos a partir de estos datos.

⁽⁶⁾**Cohorte o clase anual:** Grupo de ejemplares de una población, o unidad de stock, nacidos el mismo año.

Los tipos de error que pueden influir en las estimas de mortalidad a partir de experiencias de marcado, incluyen la mortalidad adicional causada por los propios procedimientos de marcado y también, efectos a más largo plazo de las marcas sobre el pez después de su liberación (King, 1995).

La Tabla IV.XIX muestra diferentes estimas de la tasa instantánea de mortalidad total (Z), obtenidas a partir de las recapturas de las campañas de marcado realizadas.

Tabla IV. XIX. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Diferentes estimas de la tasa instantánea de mortalidad total (Z) a partir de los datos de las experiencias de marcado-recaptura. Total de recapturas y recapturas con más de 100 días de permanencia en la mar del marcado de juveniles, adultos y combinada.

	Recapturas (>1 día)	Recapturas (>100 días)
M-R Juveniles	0,59	0,62
M-R Adultos	1,13	1,34
M-R Juveniles+Adultos	0,79	0,80

El desconocimiento de la proporción de los voraces muertos como consecuencia directa del marcado y también del grado de mezcla de los ejemplares marcados con la población, puede llevar a cometer importantes sesgos a la hora de estimar Z. Los valores resultantes de Z presentan mucha variabilidad y además, parecen claramente sobrestimados en todos los escenarios ensayados. De hecho, las estimas realizadas a partir de recapturas con más de cien días de permanencia en la mar son siempre mayores que las originadas considerando todas las recapturas hasta el 31 de diciembre de 2003.

Según estas consideraciones, las estimas de la tasa instantánea de mortalidad total no son demasiado fiables, por lo que sólo deberían tenerse en cuenta como resultado de un ejercicio de aproximación.

Aquellas pérdidas de la población debidas a causas ajenas a la pesca como senilidad, patologías, depredación intra o interespecífica, se engloban bajo la denominación de mortalidad natural. Para medir la intensidad de este proceso se emplea la tasa instantánea de mortalidad natural (M), que corresponde a la proporción de ejemplares de una cohorte que mueren por causas independientes a la actividad pesquera en un intervalo de tiempo muy corto.

La estima de la tasa instantánea de mortalidad natural del voraz del Estrecho de Gibraltar es un requisito imprescindible para acometer la evaluación analítica del recurso, que abordaremos en el Capítulo 5 de la presente Memoria. Cuanto más precisa sea ésta, mejor será la evaluación: Si el valor de M es superior al real originará una sobrestimación de la abundancia media del stock y una subestimación de la tasa instantánea de mortalidad pesquera (F) al que éste se somete, y viceversa (Ulltang, 1977).

El valor de M depende de las características biológicas de cada stock y de las cohortes que lo componen (Pereiro, 1982). Su estimación sólo es sencilla cuando se trata de un stock poco explotado, en el que M es prácticamente igual a Z , pero se complica para el caso de stocks plenamente explotados como el que nos ocupa.

Sin embargo, la mortalidad natural es un parámetro poco conocido. A pesar de su requerimiento para la aplicación de los métodos de evaluación analíticos, generalmente, es el parámetro peor conocido. Las razones de este desconocimiento pueden achacarse a la gran variabilidad de M a lo largo de la vida de una cohorte: Ésta es muy elevada en los primeros estadíos. Posteriormente M va disminuyendo paulatinamente hasta estabilizarse en la fase adulta, aunque en las edades más avanzadas volvería a incrementarse. Además, el concepto de mortalidad natural incluye factores de muy diversa naturaleza: ambientales, competencia (inter e intraespecífica), depredación, parasitismo... (Oliver, 1991), aunque podemos tratar de definir un rango de valores entre los cuales se encuentre el verdadero. Sin embargo, en los modelos de evaluación al uso, una importante asunción adoptada por los biólogos pesqueros es la de considerar la tasa instantánea de mortalidad natural como una media constante a lo largo de toda la fase explotada del stock. De este modo, no se tienen en cuenta ni las fluctuaciones debidas a la más que probable variabilidad de M dentro de un mismo año, en función de las distintas edades que componen el stock, ni la ocurrida entre los diferentes años de la serie histórica evaluada, a pesar de que la tasa de mortalidad natural está íntimamente ligada al ecosistema. Así, ésta puede variar según la densidad de los depredadores y competidores, cuya abundancia además también está influenciada por la actividad pesquera (Sparre y Venema, 1997). Por tanto, sólo es necesario estimar un único valor de M , simplificándose el trabajo de deducción del mismo.

Los resultados se presentan en la Tabla IV.XX, en la que también se ha incluido el valor de la longevidad de Alagaraja (T_e) correspondiente a cada estima de M .

Tabla IV. XX. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Diferentes estimas de la tasa instantánea de mortalidad natural (M) y sus correspondientes valores de longevidad (T_e) calculados a partir de la expresión propuesta por Alagaraja (1984).

Método	M	T_e
Taylor, 1958	0,18	26
Beverton y Holt, 1959	0,33	14
Tanaka, 1960	0,20	23
Rikhter y Efanov, 1976	0,32	14
Pauly, 1980	0,26	18
ICES WGs*	0,20	23

*Valor casi conceptual determinado por el usuario a falta de otra información (de uso común en especies demersales).

Como suele ser habitual en estos casos, los valores oscilan en un amplio rango. El mínimo, según el método de Taylor (1958), se sitúa en 0,18 y el máximo, siguiendo la metodología propuesta por Beverton y Holt (1959), en 0,33. Del mismo modo, la longevidad calculada a partir de los diferentes valores de M también es con un valor mínimo de 14 años y uno máximo de 26. La elección de un único valor no es una tarea fácil, ya que los criterios empleados en cada uno de los métodos pueden ser igualmente válidos.

La elección de un valor de 0,2 como tasa instantánea de mortalidad natural (M) para el voraz, ha sido adoptada por varios autores en diferentes estudios, todos ellos en el ámbito de las Islas Azores (Silva, 1987; Silva *et al.*, 1994; Krug, 1994; Pinho, 2003).

A falta de otra información decidimos adoptar el valor de $M=0,2$ para el voraz del Estrecho de Gibraltar. Además, dicha asunción parece razonable a la vista de los valores de longevidad obtenidos para esta población. De cualquier manera, la evaluación del recurso, capítulo siguiente de la presente Memoria, se abordará con un rango de valores de M (0,1-0,3) a fin de analizar la sensibilidad de la evaluación a este parámetro.

Para finalizar este capítulo intentaremos esbozar el ciclo vital del voraz del Estrecho de Gibraltar. Pero, ¿por dónde empezar? ¿Por el huevo o por la gallina? Mejor por el voraz...

La época de reproducción de los voraces adultos tiene lugar en el Estrecho de Gibraltar en el primer trimestre de cada año. Tras la puesta, el huevo fecundado pasará una fase larvaria pelágica, donde seguramente las corrientes de la zona lo desplacen hacia la zona costera de uno u otro lado del Estrecho. Si es capaz de

sobrevivir a esta difícil fase de su vida, el pequeño voraz pasará el primer año de su vida en zonas muy costeras tales como bahías, esolleras e incluso, el interior de puertos, en la Región Surmediterránea Española, principalmente. Durante este primer año alcanzará una talla de entre 12 y 15 cm. Una vez cumplido el primer año de vida se aventurará a alejarse, poco a poco, de esas zonas de protección costeras. Los ejemplares, durante los primeros tres años de vida, permanecen en fondos no superiores a los 200 m en las aguas colindantes al Estrecho de Gibraltar.

Cuando alcanza la talla de 30 cm, el voraz llega a su madurez sexual, en el caso de ser macho. Muchos de estos voracitos ya se habrán desplazado de su zona de cría, acercándose a las proximidades del Estrecho, incorporándose a la pesquería que allí desarrolla la flota voracera. Tras la época de puesta, seguirá creciendo llegando a alcanzar los 33 cm, y realizará la inversión sexual pasando a ser hembra que está preparada para la puesta al cumplir los cinco años. En este momento, pasaría a formar parte ya de la población parental que dará origen a nuevos huevos, larvas...

4.4. CONCLUSIONES

A lo largo de este capítulo, hemos discutido todo lo referente a las características biológicas del *Pagellus bogaraveo*, especie objetivo de la pesquería que la flota voracera desarrolla en el área del Estrecho de Gibraltar. Las principales características biológicas: maduración sexual y fecundidad, suelen expresarse en relación con la talla y/o edad de la especie considerada.

La importancia del aspecto biológico radica en que su conocimiento permite comprender la potencialidad productiva máxima de un recurso natural renovable, medida en función de sus aptitudes y limitaciones naturales. Así, el uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables debería efectuarse de manera tal que permita obtener de ellos el máximo beneficio actual que son capaces de reportar, y que al mismo tiempo, aseguren el mantenimiento y el posible incremento de su capacidad natural de regeneración. Es lo que se ha definido como desarrollo sostenible⁽⁷⁾.

A la vista de la información recogida concerniente a la biología del voraz del Estrecho de Gibraltar, podemos adelantar las siguientes conclusiones:

- *En cuanto a la biología reproductiva:*

La existencia de hermafroditismo en peces teleósteos no es un fenómeno excepcional y es frecuente en los espáridos. En el voraz del Estrecho de Gibraltar, la evolución de la proporción de sexos por clase de talla parece ser fiel reflejo de una especie hermafrodita protándrica: En un primer momento la mayoría de los ejemplares se desarrollan como machos para luego pasar a ser hembras el resto de su vida. La talla a la que se produce la inversión sexual se ha establecido en 32,5 cm de longitud total.

La época de puesta del voraz en el Estrecho de Gibraltar se localiza en el primer trimestre del año. Este periodo de puesta invernal coincide plenamente con los obtenidos en la población de Azores (Krug, 1994) y el Cantábrico (Sánchez, 1983; Alcaraz *et al.*, 1987; Castro, 1990).

⁽⁷⁾**Desarrollo sostenible:** Desarrollo que satisface las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de que las futuras generaciones puedan satisfacer sus propias necesidades. Debe cumplir con tres objetivos para ser definido como tal: Conservación del recurso, crecimiento económico y equidad social (Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo o Informe Brundtland, 1992).

La talla de primera maduración se sitúa en 30,15 y 35,73 cm de longitud total para machos y hembras, respectivamente. Las diferentes tallas de maduración son previsibles a causa del hermafroditismo protándrico de la especie.

- Respecto al crecimiento:

El voraz debe considerarse como una especie de crecimiento lento. La relación entre la talla y la edad obtenida mediante la lectura directa de los anillos de crecimiento de los otolitos se ajusta bien a la ecuación de crecimiento propuesta por Von Bertalanffy (1934). Los valores de los parámetros estimados de dicha ecuación son los siguientes: $L_{\infty} = 58$; $k = 0,169$ y $t_0 = -0,67$. En consonancia con el hermafroditismo de esta especie, observamos un cambio en el ritmo de crecimiento en la edad 4. Esta ralentización coincide con la edad a la que los machos alcanzan la primera maduración sexual, y posteriormente, se produce el cambio de sexo.

La comparación de los resultados obtenidos con los proporcionados por otros autores (Ramos, 1967; Gueguen, 1969; Sánchez, 1983; Krug, 1994; Menezes *et al.*, 2001; Pinho, 2003) sugiere similares patrones de crecimiento, independientemente del área de estudio. Sin embargo, a falta de estudios de identificación de poblaciones, debemos resaltar que esta conclusión no implica la asunción de un único stock: Los patrones de crecimiento son similares, pero no iguales.

- Acerca de sus migraciones:

Para los ejemplares juveniles, los resultados de las experiencias de marcado-recaptura reflejan desplazamientos significativos, desde una de sus zonas de cría en la Región Surmediterránea hacia el Estrecho de Gibraltar.

Sin embargo, los desplazamientos de los voraces adultos marcados en el área de estudio, se limitan a movimientos entre los distintos caladeros donde faena la flota voracera (Gil y Sobrino, 2006; Canoura *et al.*, 2006). Los ejemplares adultos nadan a lo largo y ancho del Estrecho de Gibraltar en busca de alimento. Según esto, no parece demasiado arriesgado considerar el voraz como una unidad de población *quasi* cerrada.

- Y sobre su mortalidad natural:

El valor de la tasa instantánea de mortalidad natural (M) depende de las características biológicas de cada stock y de las cohortes que lo componen (Pereiro, 1982). Para el voraz del Estrecho de Gibraltar, la metodología utilizada para su determinación ofrece resultados dispares comprendidos entre 0,18 y 0,33. Del mismo modo, la longevidad estimada también ofrece un amplio rango de valores, mínimo de 14 y máximo de 26 años.

La elección de un único valor no es tarea fácil, ya que los criterios empleados para su estimación son igualmente válidos. En las Islas Azores, otros autores han adoptado el valor $M=0,2$ (Silva, 1987; Silva *et al.*, 1994; Krug, 1994; Pinho, 2003), que parece también adecuado para la población del Estrecho de Gibraltar.

A painting of a beach scene. The sky is a clear, light blue. The ocean is a deep blue, meeting the shore. The sand is a bright yellow, with some darker, brownish patches. The text is overlaid on the right side of the image.

5. EVALUACIÓN DEL RECURSO

¿Quién será, mar, capaz de escribir tu epitafio?
Rafael Alberti

5.1. INTRODUCCIÓN

Las poblaciones marinas explotadas son parte de un complejo sistema de producción biológica, en el cual la acción del hombre constituye un elemento más de interacción. Una actividad de tan relevante importancia económica y social como la pesca, implica una preocupación inherente por una óptima gestión de las comunidades marinas explotadas. Ésta tratará de garantizar el uso racional de los recursos pesqueros para intentar asegurar su conservación. Sin embargo, las poblaciones sometidas a explotación pesquera, además de su limitada capacidad de autorrenovación, presentan unas peculiaridades que hacen su gestión particularmente compleja: Son recursos no visibles y, a menudo, de difícil accesibilidad.

En este contexto, la evaluación de stocks comprende todo estudio científico orientado a la determinación del estado y productividad de un recurso pesquero, así como las repercusiones de la pesca sobre dicho recurso. Sin embargo, debemos tener en cuenta que la capacidad de la comunidad científica para conocer el estado de éstos es, desgraciadamente, limitada y los efectos de la explotación pesquera no son siempre obvios de manera inmediata, por lo que son necesarias evaluaciones periódicas de la abundancia de las poblaciones sometidas a explotación.

El principal objetivo de la evaluación pesquera es el conocimiento del estado de los recursos explotados que debería permitir, dentro de la incertidumbre asociada a toda ciencia ambiental, la propuesta de medidas de ordenación sobre la pesquería para tratar de asegurar el óptimo rendimiento de ésta, con el consiguiente beneficio social y económico de todos los sectores implicados en ella. El papel de las evaluaciones pesqueras es la aportación de un soporte técnico sobre el estado del stock, y determinar los efectos de la actividad pesquera sobre éste en relación con las acciones de gestión contempladas por la autoridad pesquera competente. Este objetivo puede abordarse de maneras diferentes, directa o indirectamente, en función de la información y herramientas disponibles.

Los **métodos directos de evaluación** son aquellos que comprenden fuentes de información independientes de la actividad pesquera comercial. A menudo, los datos de captura por edad son insuficientes para estimar la abundancia absoluta de una población, por lo que se requieren estimas independientes para mejorar la evaluación indirecta del recurso mediante su calibración⁽⁸⁾. Se entiende por evaluación

⁽⁸⁾ **Calibración:** Aceptación castellana del término inglés *tunning*. Intento de corregir estimas pobres de los valores terminales, de mortalidad pesquera y/o abundancia, para los que los modelos y técnicas de evaluación (especialmente el APV) suministran poca información. Se consigue mediante la inclusión de información de variables externas que permiten una mejor definición de los valores terminales (F_t y/o N_t). La información externa procede de distintas fuentes: campañas de investigación y/o flotas de calibración.

directa toda estima de densidad, biomasa absoluta o índice de abundancia relativa de una población marina como resultado de una campaña de investigación diseñada al efecto, llevada a cabo con una metodología apropiada acorde con las características del recurso a evaluar y siguiendo un riguroso esquema de muestreo. Hablamos, esencialmente, de campañas de investigación oceanográfico-pesqueras. Los métodos más comunes son: Área barrida, acústica y el método de producción de huevos. Desde el punto de vista de la cuantificación absoluta de la biomasa, el primer método permite una evaluación de la fracción explotable, el segundo de la biomasa total y el tercero de la biomasa desovante.

Por otro lado, los **métodos indirectos de evaluación** interpretan el estado del recurso a partir de datos procedentes de la pesquería. Por lo tanto, se aplican mediante el seguimiento de la actividad pesquera de las flotas que explotan el recurso a evaluar.

Esta información se utiliza para determinar estrategias de explotación biológicamente aceptables. A su vez, este subgrupo de metodologías puede dividirse en dos familias principales:

- Los llamados **Modelos Globales (o de Producción)** que tratan de explicar los cambios en la producción de la población (incremento de la biomasa) en función de la propia biomasa. A partir de los datos inmediatos de la pesquería (captura y esfuerzo pesquero), y asumiendo o no, condiciones de equilibrio, pueden estimarse las capturas que se obtendrían a largo plazo en función del esfuerzo pesquero. La ventaja de este tipo de modelos radica en su menor exigencia al necesitar, únicamente, datos de la propia pesquería y no requerir de parámetros biológicos de la especie a evaluar.

Presentan el inconveniente de que para su uso es necesario disponer de largas series de capturas, esfuerzo pesquero y captura por unidad de esfuerzo (CPUE), a menudo difíciles de obtener. El ajuste óptimo de los diferentes modelos de producción presentes en la bibliografía, requiere de un amplio y contrastado rango de valores de CPUE. Además, los resultados obtenidos no pueden extenderse en forma de proyecciones de captura a corto plazo ni de rendimiento por recluta, habitual paso posterior a la evaluación en la mayoría de los Grupos de Trabajo del ICES. Tampoco permiten la estima de algunos de los puntos de referencia empleados en dicho marco.

En el caso del voraz del Estrecho de Gibraltar, la unidad de esfuerzo seleccionada, así como la estabilidad de los valores de la CPUE de la serie histórica, nos ha impedido de momento una utilización adecuada de este tipo de herramientas

de evaluación. Como ya hemos discutido anteriormente, en el Capítulo 2 de esta Memoria, el número de ventas, como aproximación al esfuerzo efectivo de pesca, no se corresponde adecuadamente con la tasa de mortalidad pesquera, especialmente en los últimos años de la serie histórica.

- Aquellos modelos y técnicas que simulan el comportamiento de la pesquería analizando detalladamente los componentes y factores que la conforman (reclutamiento, crecimiento, mortalidad natural y pesquera...). Para su utilización se ha de disponer de una estimación previa de varios parámetros relacionados con estos aspectos de la biología de la especie explotada. Constituyen los llamados **Modelos Analíticos** desarrollados a partir del concepto básico de cohorte. Destacan aquellas técnicas utilizadas para analizar el efecto que ha tenido la pesca sobre las distintas clases anuales que constituyen el stock explotado. También engloban diferentes métodos que se pueden emplear para predecir el efecto futuro de la aplicación de diferentes niveles de esfuerzo pesquero sobre la biomasa y el rendimiento pesquero (Sparre y Venema, 1997).

Así, tenemos procesos que usando datos históricos miran hacia el pasado, y otros que a partir de los resultados de los anteriores tratan con el futuro a corto y a largo plazo. Entre los primeros cabe destacar la técnica del APV. Entre los segundos, las predicciones a corto plazo no son más que un «APV hacia adelante» a partir de un valor de reclutamiento estimado. Al asumir condiciones de equilibrio, los modelos de rendimiento por recluta, predicciones a largo plazo, permiten obtener el rendimiento en biomasa resultante de la explotación de una cohorte equivalente al rendimiento obtenido en un año cualquiera.

El **Análisis de Población Virtual**, APV o VPA en su acrónimo inglés, constituye una familia de técnicas para la evaluación de poblaciones muy diversificada. Constituye un método de estimación de las tasas instantáneas de mortalidades por pesca (F_i) y abundancias por clase de edad (N_i), a partir de la estructura demográfica de las capturas (C_i) de la especie a evaluar y el valor de la mortalidad natural (M) a la que la población está sometida. El principio en el que se basa el método es sencillo: Si conocemos cuántos peces de una determinada cohorte o clase anual están vivos al final de un año, y cuántos de esa cohorte se capturaron ese mismo año, y teniendo también en cuenta las muertes ocurridas de forma natural, estaremos en disposición de estimar la abundancia de dicha cohorte al inicio del año.

Históricamente, el inicio y desarrollo del APV es original de Rusia, durante la segunda década del siglo pasado, gracias a los estudios de varios autores (Baranov, 1914; Tereschenko, 1917; Derzhavin, 1922; Bajkov, 1933; Chugunov, 1935) aunque el idioma empleado y el restringido ámbito de difusión de sus trabajos, minimizaron la posible influencia sobre la comunidad científica internacional.

El primer trabajo occidental donde se aplica esta técnica lo firma Fry en 1949, publicando además el término «población virtual», que no constituye una población real, pero es la única cuantificable por representar la captura una proporción del total de la población presente en la mar. Posteriormente, a partir de los años 60, el intento de resolver la ecuación de captura por medio de una relación de recurrencia, hizo que la comunidad científica redescubriera el concepto de población virtual. Al formalizarse dicha relación, la técnica recibió el nombre con la que se conoce en la actualidad de Análisis de Población Virtual (Gulland, 1965; Murphy, 1965).

El fundamento metodológico no ha variado con el tiempo y, en su forma más simple, puede ser descrito diciendo que el conjunto de las capturas realizadas sobre una cohorte durante su paso por la pesquería puede considerarse como una estimación mínima de su tamaño inicial. Esta estimación mínima es la denominada cohorte utilizada. La suma de las capturas realizadas sobre el recurso a partir de un momento dado, y las posteriores correspondientes a las cohortes que lo componían en ese momento, puede considerarse una cota mínima de su tamaño en aquel momento. El resultado de esta suma, cota mínima del tamaño del stock, es lo que ya Fry (1949) denominó población virtual.

Mediante estas técnicas se han reconstruido las series históricas de un gran número de poblaciones marinas explotadas pertenecientes a ecosistemas boreales y templados, de los que se disponía de largas series temporales de capturas y muestreos sobre la captura, que permitieron la partición de ésta en clases de edad mediante las correspondientes claves talla edad obtenidas en los estudios de crecimiento. Ejemplos de series históricas de abundancia y tasas de mortalidad pesquera pueden encontrarse en los Informes de los diversos Grupos de Trabajo del ICES (*International Council for the Exploration of the Seas*) y también en los del Comité Científico de NAFO (*North Atlantic Fisheries Organization*).

Para poder aplicar la formulación del APV deben conocerse de antemano:

- Las capturas en número de individuos (C_i) realizadas sobre cada cohorte, o clase anual, en cada intervalo de tiempo. A fin de simplificar los cálculos, suele

considerarse el intervalo de tiempo unitario, normalmente periodos de un año. En un momento dado, un stock se compone de individuos de distintas edades pertenecientes a diferentes cohortes. Cada cohorte recorre, a lo largo de su ciclo vital, una fase explotada que da lugar a la pesquería del recurso. Por lo tanto, la captura ha de ser medida y agrupada por clases de edad sin error, debiendo, además, estar todas las muertes producidas por la pesca contabilizadas en la captura.

- La tasa instantánea de mortalidad natural (M) a la que está sometida cada cohorte en cada uno de los intervalos de tiempo considerados. Normalmente se utiliza un valor constante de esta mortalidad para todas las edades y años. El valor de M suele acotarse teniendo en cuenta las características biológicas del recurso explotado: Duración de su ciclo vital, posición en la cadena trófica, pertenencia a un ecosistema estable o inestable, etc.

La técnica está basada en las dos ecuaciones generales del APV derivadas de la ecuación de captura y la ecuación de supervivencia. El proceso de cálculo se realiza sobre las diferentes cohortes, comenzando en la última clase de edad de cada cohorte, donde calculamos N_t a partir de la estima de F_t , C_t y M mediante la ecuación de captura (Ecuación 5.1):

$$C_t = \frac{F_t}{F_t + M} N_t [1 - e^{-(F_t + M)}] \quad \{5.1\}$$

$$N_t = C_t \frac{F_t + M}{F_t [1 - e^{-(F_t + M)}]}$$

Una vez estimada N_t , pasamos al penúltimo intervalo. En éste ha de calcularse primero el valor de su tasa de mortalidad por pesca (F_{t-1}). Para poder relacionar abundancias de clases de edad sucesivas han de usarse las ecuaciones generales del APV cuyo desarrollo es el siguiente:

$$C_{t-1} = \frac{F_{t-1}}{F_{t-1} + M} N_{t-1} [1 - e^{-(F_{t-1} + M)}]$$

Sustituimos en la anterior ecuación la abundancia de la penúltima clase de edad (N_{t-1}) por su correspondencia con la clase de edad posterior mediante la ecuación de supervivencia (Ecuación 5.2).

$$N_t = N_{t-1} e^{-(F_{t-1}+M)} \quad \{5.2\}$$

$$N_{t-1} = N_t e^{(F_{t-1}+M)}$$

$$C_{t-1} = \frac{F_{t-1}}{F_{t-1} + M} N_t e^{(F_{t-1}+M)} [1 - e^{-(F_{t-1}+M)}]$$

Los términos de esta ecuación pueden reestructurarse de manera que:

$$\frac{C_{t-1}}{N_t} = \frac{F_{t-1}}{F_{t-1} + M} [e^{-(F_{t-1}+M)} - 1]$$

Así, llegamos a las dos ecuaciones generales del APV (Ecuaciones 5.3 y 5.4):

$$N_i = N_{i+1} e^{(F_i+M)} \quad \{5.3\}$$

$$\frac{C_i}{N_{i+1}} = \frac{F_i}{F_i + M} [e^{(F_i+M)} - 1] \quad \{5.4\}$$

La ecuación 5.4 presenta una sola incógnita, F_i , presente en varios miembros de la ecuación. En un principio, para su resolución y debido a su complejidad, existían unas tablas que proporcionaban el valor de F_i correspondiente a valores conocidos de C_i/N_{i+1} y M_i . Por otro lado, Pope (1972) propuso una simplificación de la fórmula asumiendo que toda la captura se realizaba en el punto medio, $t_{i/2}$, del intervalo temporal propuesto.

Una vez estimados los supervivientes al inicio del penúltimo año de capturas (N_{t-1}), se está en disposición de ir retrocediendo hacia años anteriores, calculando primero sus respectivas mortalidades por pesca (F_i) y posteriormente, las abundancias al comienzo de cada año (N_i). Utilizando ambas ecuaciones podemos ir reconstruyendo hacia atrás la historia de la cohorte, recurrencia, estimando de manera sucesiva sus efectivos al inicio de cada intervalo de tiempo y las tasas instantáneas de mortalidad por pesca a lo largo de los mismos. Aplicando este proceso a todas las cohortes del stock presentes en un momento determinado, obtendremos la evolución del stock a lo largo del tiempo.

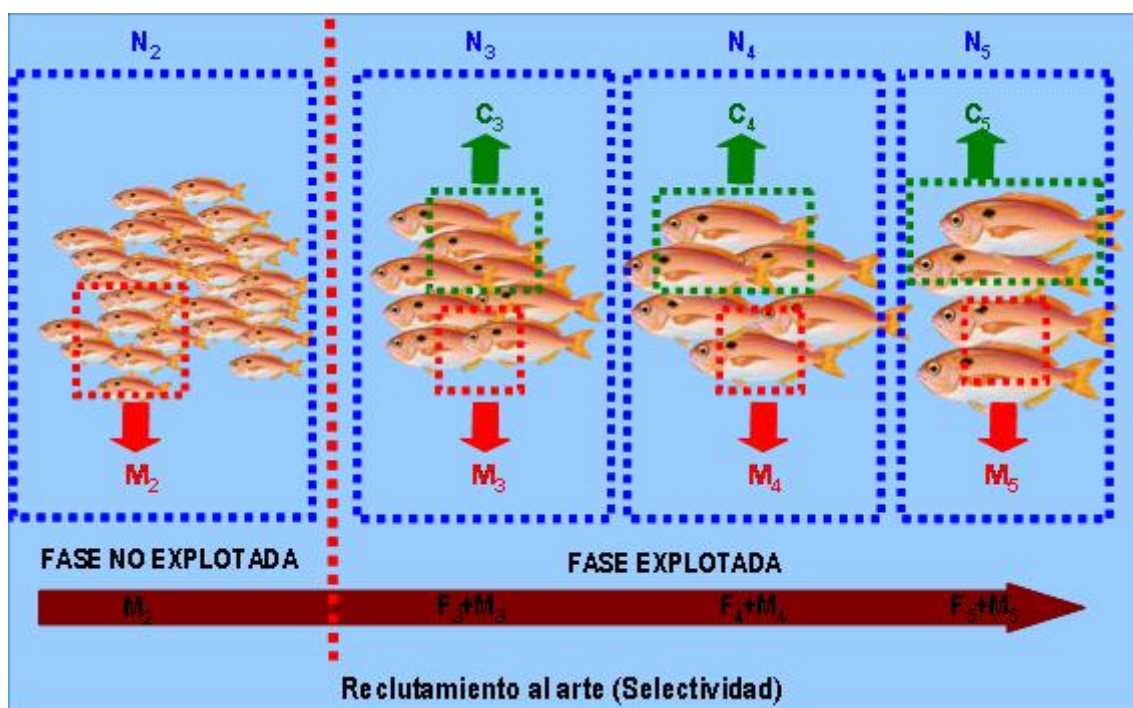


Figura 5.1. Análisis de Población Virtual (APV): Atisbo gráfico de la evolución de una cohorte a lo largo del tiempo.

Según lo expuesto anteriormente, representado gráficamente en la Figura 5.1, observamos que el conjunto matemático del APV consiste en pares de ecuaciones para cada clase de edad. Aparentemente, existen tres variables desconocidas en cada par de ecuaciones por clase de edad: Su tasa instantánea de mortalidad pesquera (F_i), su abundancia (N_i) y la abundancia de esa cohorte el año siguiente (N_{i+1}). Para todos los casos, exceptuando el primer par correspondiente a la clase de edad mayor, la abundancia de la clase de edad posterior ya se conoce por la resolución del conjunto de ecuaciones anterior, encontrándonos, por tanto, con un par de variables desconocidas (F_i y N_i) en dos ecuaciones y, por consiguiente, una única solución.

El problema aparece, para todas las cohortes, en el primer conjunto de ecuaciones correspondiente a la clase de edad mayor, donde siguen existiendo tres variables desconocidas y tan sólo un par de ecuaciones. Una opción es la utilización de un valor admisible de una de las incógnitas para obtener una solución condicionada al valor inicial adoptado. En el APV, se asume un valor de F para la clase de edad mayor presente en la pesquería, a la que se denomina F terminal (F_t), ya que si ésta no es estimada habrá más ecuaciones que variables desconocidas. Así por ejemplo, podemos suponer que la F de la última edad es igual a la de la edad anterior o una

función de las de un grupo de edades, también anteriores. Del mismo modo, podemos realizar suposiciones plausibles para las F s de cada edad del último año.

El posible error derivado del parámetro de iniciación del método (F_t) tiende a reducirse a medida que retrocedemos hacia las clases de edad más jóvenes de cada cohorte. Esta característica de convergencia⁽⁹⁾ del APV es tanto más rápida cuanto mayor es el sumatorio de las tasas de mortalidad pesquera acumuladas ($\sum F$). A partir del intervalo de la cohorte donde $\sum F \cong 1$, las tasas de mortalidad pesquera obtenidas pueden considerarse independientes de los valores de F_t adoptados para la inicialización del proceso en la última edad de cada cohorte. Gracias a esta característica, en un primer momento, la incertidumbre asociada al valor de tanteo de F_t adoptado se despreciaba, amparándose en la propiedad de convergencia del análisis, adoptando el valor medio de las F de la zona de convergencia. A partir de 1980, comenzaron a desarrollarse distintos métodos de calibración que intentan estimar los valores de F_t con información adicional (CPUEs de flotas de calibración, índices de abundancia procedentes de campañas de investigación, etc). Lógicamente, estas nuevas estimaciones se concentran en la obtención de valores independientes de mortalidad pesquera o abundancia para última fila (clase de edad más vieja) y la última columna (último año) de las correspondientes matrices de F y N para tratar de afinar lo más posible los valores de F_t a adoptar.

En ausencia de datos para la calibración, podemos utilizar el APV Separable (Pope, 1977 y 1979; Pope y Shepherd, 1982; Darby y Flatman, 1994) para generar los valores de las tasas de mortalidad pesquera y abundancias respectivas a partir de una matriz de capturas en número por clase de edad, pero bajo la asunción de un patrón de selección de la pesquería constante. Éste parte de dos supuestos:

- La intensidad pesquera puede variar cada año y consecuentemente generar distintas tasas de mortalidad por pesca.
- El porcentaje de la captura obtenida en cada clase de edad, patrón de selección, permanece constante durante el periodo analizado.

⁽⁹⁾**Convergencia:** Característica intrínseca del APV por la que a partir del punto $\sum \cong 1$ las F estimadas se consideran independientes de los valores de F_t adoptados; son por tanto valores de tasas de mortalidad pesquera fiables dentro de cada cohorte.

A partir de estas asunciones es posible separar la tasa de mortalidad pesquera en dos componentes: año y edad. La tasa de mortalidad pesquera por clase de edad en cada año, es el resultado del producto del efecto año en función de la tasa de mortalidad global totalmente explotada en ese año [$F_{0(y)}$] y del efecto edad dependiente del patrón de selección [$S_{(a)}$]. De este modo, la tasa de mortalidad por pesca de un año cualquiera, y , que actúa en cada clase de edad, a , se calcula a partir de la expresión (Ecuación 5.5):

$$F_{(y,a)} = F_{0(y)} * S_{(a)} \quad \{5.5\}$$

De este modo, con la asunción de estabilidad del patrón de selección reducimos el número de parámetros a calcular. Si con una matriz de captura 14 años * 6 clases de edad es necesario resolver 84 tasas de mortalidad pesquera, con el APV Tradicional, aplicando el APV Separable, estableceremos sólo 20 parámetros: 14 $F_{0(y)}$ y 6 $S_{(a)}$ cuyo producto determinará los correspondientes 84 valores de mortalidad pesquera.

Para eliminar la influencia de los distintos reclutamientos de las clases anuales, efecto reclutamiento, hay que transformar la matriz de capturas procedente de la actividad comercial en una nueva matriz, calculada como la relación de los logaritmos de las capturas de las distintas cohortes ($D_{y,a}$). Es decir, el cociente de los logaritmos naturales de la captura de la edad siguiente el año siguiente y la captura de la edad y año anterior (Ecuación 5.6).

$$D_{y,a} = \text{Ln}(C_{y+1,a+1}/C_{y,a}) \quad \{5.6\}$$

Dando unos valores estimados de intensidad de explotación, $F_{0(y)}$, y selectividad por clase de edad $S_{(a)}$, puede reescribirse otra matriz de valores esperados bajo el criterio de separabilidad independiente de la abundancia de las clases anuales (Ecuación 5.7). Para encontrar la mejor solución, que no la única, el usuario ha de definir el valor de la tasa de mortalidad natural, además de la mortalidad pesquera sobre la edad de referencia determinada y el valor de selección de la última clase de edad en relación a la edad de referencia establecida.

$$\bar{D}_{y,a} = \text{Ln} \left[\frac{F_{(y+1,a+1)} Z_{(y,a)} (1 - e^{-z_{(y+1,a+1)}}) e^{-z_{(y,a)}}}{F_{(y,a)} Z_{(y+1,a+1)} (1 - e^{-z_{(y,a)}})} \right] \quad \{5.7\}$$

A partir de aquí, el objetivo es minimizar la matriz de residuos ($R_{a,y}$) resultante de la diferencia entre la matriz resultante de la relación de las capturas observadas ($D_{y,a}$) y aquella estimada bajo el criterio de separabilidad ($\bar{D}_{y,a}$). El objetivo de minimizar los residuos totales se consigue a través de la disminución de los residuos marginales de las edades ($R_{a,.}$) y de los años ($R_{.,y}$), según la expresión 5.8 mediante el cálculo de los valores de F_0 y S_a que reduzcan esas diferencias.

$$R_{y,a} = \sum_{y,a} w_{(y,a)} (D_{y,a} - \bar{D}_{y,a})^2 \quad \{5.8\}$$

Esta técnica determina nuevos valores de $F_{a,y}$ y N_i a partir de la matriz de datos de captura por clase de edad bajo la asunción de:

- Mortalidad natural (M) conocida.
- Patrón de selección constante mediante la especificación de una edad de referencia: (S_a referencia=1) definida como la primera clase de edad completamente reclutada al arte y la estimación del porcentaje de selectividad de la última edad sobre la edad de referencia.
- Un valor de la intensidad pesquera anual F_y de cada año (que no debe confundirse con la tasa de mortalidad pesquera que es el resultado del producto de ese valor de intensidad pesquera y el patrón de selección: $F_y * S_a$).

De este modo, el APV Separable no utiliza información que no esté disponible para realizar un APV Tradicional, sino que bajo las asunciones de partida, esta técnica automatiza el proceso de generar un APV consistente internamente. Es menos sensible a los errores que el APV Tradicional y los valores estimados de las clases de edad más viejas de cada año y del último año, $F_{y,a}$, pueden utilizarse como tasas de mortalidad pesquera terminales (F_t) e iniciar el proceso del APV Tradicional.

La principal ventaja de las técnicas del APV es la ausencia de presunción de situaciones de equilibrio, ya que los valores de F estimados pueden no permanecer constantes variando, tanto cada año, como en cada clase de edad, por lo que realizan predicciones bastante exactas de la evolución de pesquerías de especies longevas, donde la mortalidad por pesca es un factor importante en la evolución de la abundancia y biomasa (en stocks con tasas de mortalidad pesquera muy bajas estas técnicas no funcionan, ya que las variaciones de abundancia y biomasa estarán regidas por la mortalidad natural). Así, las conclusiones extraídas a partir de evaluaciones mediante las técnicas del APV, son claras en cuanto a la tendencia de la

abundancia y el efecto de la actividad pesquera, vectores de F , sobre los distintos componentes en edad de un stock explotado en un contexto temporal retrospectivo.

Sin embargo, aquí no se acaba el camino: A efectos de una gestión individualizada del recurso explotado es imprescindible indagar acerca de su estado de explotación, definiendo al menos la adecuación o no de las estrategias de pesca empleadas en función de las características biológicas del stock. Las técnicas de evaluación no proporcionan por sí mismas este tipo de información aunque, a menudo, la reflejan de manera implícita. Una tendencia decreciente y continua de la biomasa del recurso es evidencia de la práctica de un patrón de explotación poco adecuado.

Las técnicas basadas en el APV son fácilmente enlazables con los Modelos de Rendimiento o Producción por Recluta (Thompson y Bell, 1934; Ricker, 1949; Beverton y Holt, 1957) que permiten obtener el rendimiento en biomasa resultante de la explotación de una cohorte bajo las asunciones de equilibrio, haciendo posible la realización de predicciones de captura a largo plazo. Igualmente, constituyen una importante herramienta de simulación al pronosticar resultados debidos a cambios en el régimen de explotación de una pesquería. El interés principal de estos modelos es su capacidad de imaginar una óptima explotación pesquera mediante la combinación de dos parámetros, talla de primera captura y mortalidad pesquera, que el hombre puede controlar directamente. La tasa instantánea de producción de una cohorte que constituye la expresión básica de estos modelos se refleja en la Ecuación 5.9:

$$\frac{dY_t}{dt} = F_t N_t w_t \quad \{5.9\}$$

Siendo Y_t la producción en términos de biomasa entre el reclutamiento y el tiempo t , F_t la tasa instantánea de mortalidad por pesca, N_t el número de individuos y w_t la biomasa media de los individuos en el intervalo considerado.

Paralelamente al desarrollo metodológico, las flotas pesqueras mundiales han experimentado un considerable desarrollo en las últimas décadas, tanto en número de unidades, como en avances tecnológicos. Este hecho se ha traducido en una explotación intensiva de los recursos pesqueros a lo largo y ancho de todos los mares. En demasiadas ocasiones se ha llegado a situaciones de sobrepesca, pese a la gestión pesquera aplicada y la considerable inversión en metodologías para la evaluación de poblaciones explotadas.

La regulación de las pesquerías está encaminada a la obtención de ciertos beneficios económicos, no debemos olvidar que la pesca es una actividad comercial, tratando a la vez de conservar el potencial de producción del recurso. Es lo que se ha dado en llamar sostenibilidad.

Sin embargo la conclusión de que muchas poblaciones de peces marinos, dentro y fuera de las 200 millas, están sujetas a medidas de ordenación inefectivas, se aplica no sólo a los recursos poco conocidos de los países en desarrollo, o a las dificultades de evaluar las especies altamente migratorias de alta mar, sino también a los bien estudiados recursos demersales de las plataformas continentales europeas y norteamericanas, dónde recientemente se han registrado disminuciones dramáticas en algunas especies importantes (Caddy y Mahon, 1996). Este hecho podría deberse al desfase entre la precisión de las evaluaciones y la ordenación.

Ante esta situación ha surgido recientemente, en el seno de organismos internacionales (ONU, FAO, ICES, NAFO...) la llamada filosofía de precaución, también conocida como enfoque precautorio. Éste trata de estimar y establecer, en cuanto a la pesca se refiere, los llamados puntos biológicos de referencia o niveles de explotación máximos, que aseguren una alta probabilidad de que los recursos explotados sean capaces de autorrenovarse.

Por otro lado, la gestión pesquera estará siempre asociada a un elevado grado de incertidumbre. Así, tradicionalmente se ha aplicado en la gestión pesquera una filosofía no escrita, consistente en que la falta de evidencia clara sobre la necesidad de tomar medidas restrictivas de gestión, constituía una razón para no aplicar dichas medidas. Todo esto ha cambiado con la introducción del llamado principio de precaución. Puede definirse de diversas formas, pero en esencia consiste en que cuando existan pruebas razonables de la necesidad y efectividad de una medida de gestión, la falta de certidumbre absoluta en los datos científicos que la sustentan, no se utilizará como excusa para la no aplicación de dicha medida.

Así, el principio de precaución aplicado a la gestión de ecosistemas, requiere que el usuario de un sistema ecológico proporcione pruebas de que su acción no perjudica o daña el medio. Este principio puede ser aplicado a las pesquerías, pero su aplicación estricta podría llevar a una prohibición completa (de pesca) en todas las pesquerías, pues parece obvio que es imposible extraer peces de un ecosistema sin que éste se vea afectado. Es, por tanto, un problema definir un nivel aceptable de impacto en un ecosistema. Además, las pesquerías pueden tener efectos

desconocidos en los sistemas, tanto primarios como secundarios. Los efectos primarios son los producidos de forma directa por la pesca en los stocks explotados, tales como una reducción en el tamaño de los stocks, un cambio en la composición por talla y edad, una menor proporción de peces de mayor edad y tamaño, y se analizan en términos de la mortalidad pesquera (F) a la que los stocks están expuestos. Para los efectos secundarios no existe una medida tan clara. La aplicación del principio de precaución a la gestión de pesquerías requiere como mínimo que la gestión asegure sostenibilidad de los stocks individuales a nivel de efectos primarios.

Esta sostenibilidad se formula en términos de nivel mínimo del tamaño del stock reproductor, por debajo del cual la capacidad de reproducción del stock es reducida. Este nivel mínimo biológicamente aceptable (MBAL= *Minimum Biologically Acceptable Level*) para la pesquería es el punto mas allá del cual ocurre la sobrepesca. Representa el tamaño del stock por debajo del cual se incrementa la probabilidad de que se den débiles reclutamientos. Normalmente, se basan en puntos técnicos basados en la curva de SSB-Reclutamiento. Por lo tanto, a la hora de acotar la estimación de MBAL debemos tener muy en cuenta los puntos de referencia.

Al objeto de proporcionar indicadores del estado de cada stock (en relación a su potencial a largo plazo y nivel de explotación) distintas Instituciones y Organismos dedicados al asesoramiento científico de las pesquerías (ACFM del ICES, Consejo Científico de NAFO, etc.) han establecido objetivos operacionales en base a los denominados: **Puntos de Referencia**.

Estos constituyen valores derivados de la evaluación del recurso, que representan el estado de la pesquería o de la población y que, por tanto, pueden ser utilizados como guía para la ordenación de las pesquerías. La interrelación entre la Mortalidad por pesca (F), la Biomasa de la población (B) y el Rendimiento, proporciona la base para la discusión de la mayoría de los puntos de referencia.

Llevar los stocks hacia esos objetivos aseguraría, con una probabilidad alta, la autorrenovación de los stocks al asegurar reclutamientos altos o medios, ya que el nivel de mortalidad por pesca definido como objetivo, mantendría en la mar un stock de reproductores de una biomasa tal que asegurase dichos niveles de reclutamientos.

El uso del término puntos de referencia precautorios no implica ninguna referencia a cómo el punto de referencia fue desarrollado o a su funcionamiento técnico, sino a como éste es utilizado como una herramienta para una estrategia de ordenación precautoria.

Así, las directrices para aplicar puntos de referencia precautorios son:

1. Los puntos de referencia precautorios deberían referirse a poblaciones de peces determinadas.
2. Un punto de referencia precautorio es un valor estimado, obtenido mediante un procedimiento científico convenido que corresponde a la situación del recurso y de la pesquería y que puede utilizarse como orientación para la ordenación en pesquerías.
3. Las estrategias de ordenación deberán de tratar de mantener o recuperar a las poblaciones de peces capturadas y, en caso necesario, las especies asociadas o dependientes, a niveles compatibles con los puntos de referencia precautorios previamente convenidos.
4. Las estrategias de ordenación de las pesquerías garantizaran que el riesgo de exceder los puntos de referencia límite sea muy pequeño.
5. Cuando la información para determinar los puntos de referencia para una pesquería sea escasa o inexistente, se establecerán puntos de referencia circunstanciales.

Es necesario resaltar que la aplicación de algunos puntos de referencia, muy utilizados en distintos foros de evaluación de pesquerías como el ICES o la NAFO, asume que existe una relación entre el tamaño del stock y los reclutamientos que éste produce, lo que ha estado y está todavía sujeto a discusión. Pero la asunción de la aproximación de precaución de la que tanto hemos hablado, supone que dicha relación existe, lo que constituye un sustancial cambio filosófico en relación con prácticas del pasado.

El análisis de los impactos relativos de la inestabilidad del sistema y de la intensidad de pesca, constituye un conjunto de problemas que ha preocupado ampliamente a todo el mundo que se ha interesado por la pesca en los últimos años (Sharp, 1995), y se ha evidenciado que los cambios de especies dominantes pueden verse acelerados por la actividad pesquera. Cada vez adquiere mayor relevancia la consideración de los impactos de la pesca en otros componentes del sistema y en el ecosistema en su conjunto. El enfoque actual se dirige al desarrollo de nuevos sistemas de evaluación y gestión de recursos, basados en consideraciones del ecosistema marino en su conjunto. Es evidente, que aún queda mucho camino por

recorrer. Lo deseable, en nuestro caso, es que a lo largo de esta andadura, los recursos pesqueros mantengan un nivel suficiente que garantice su sostenibilidad, hasta llegar a la implementación práctica de este tipo de modelos altamente parametrizados.

5.2. MATERIAL Y MÉTODOS

5.2.1. Matriz de capturas

Para la evaluación de la población del voraz del Estrecho de Gibraltar disponemos de los datos de frecuencia de tallas correspondientes al periodo 1990-2003. Éstas han de transformarse en distribuciones de edad, aunque no disponemos de una clave talla–edad para cada año del análisis. Se decidió transformar las distribuciones de tallas anuales de manera directa mediante la única clave talla-edad disponible.

5.2.2. Evaluación del recurso

Las apreciaciones biológicas son de gran importancia a la hora de llevar a cabo evaluaciones analíticas de poblaciones explotadas, puesto que, tanto los parámetros de crecimiento, como la tasa de mortalidad natural empleada, definirán la tendencia general de los resultados. En el caso del voraz del Estrecho de Gibraltar, disponemos de los resultados discutidos ampliamente en el Capítulo 4 de la presente Memoria:

- los parámetros de crecimiento de la especie: L_{∞} , k y t_0
- los parámetros de la relación talla-peso: a y b
- la proporción de tallas, y/o edades, de individuos sexualmente maduros
- una estima de mortalidad natural: Se ha adoptado el valor de $M=0,2$ por ser el habitualmente utilizado en recursos demersales explotados de vida larga.

Para los análisis realizados, se ha empleado el paquete informático Virtual Population Analysis: version 3.1 desarrollado por el «MAFF Directorate of Fisheries Research» del Laboratorio de Lowestoft en Inglaterra. El programa requiere de la creación de unos ficheros de datos de entrada que, aunque su estructura y contenido se detalla en el Anexo II de esta Memoria, pasamos a describir brevemente:

1. Captura (*vorla.dat*): Desembarcos anuales en toneladas, 1990-2003, de la flota voracera de Tarifa y Algeciras procedente de la información estadístico pesquera (Capítulo 3).
2. Captura por clase de edad (*vorcn.dat*): Matriz de captura. Captura en número anual por clase de edad (III a VIII). Procede de la transformación de las distribuciones de

frecuencia de tallas del periodo 1990-2003 (Capítulo 3) en distribuciones por clase de edad mediante la aplicación de las claves talla-edad, obtenidas en los estudios de crecimiento (Capítulo 4).

3. Peso por clase de edad en la captura (*vorcw.dat*): Peso medio anual (en kilogramos) por clase de edad presente en la captura.
4. Peso por clase de edad en el stock (*vorsw.dat*): Podemos asumir que coincide con el peso por clase de edad en la captura, al tratarse de una especie demersal de crecimiento lento ($k < 0,8$).
5. Mortalidad natural (*vornm.dat*): Asignación de un valor constante para todos los años y todas las clases de edad.
6. Madurez por clase de edad (*vormo.dat*): A partir de la ojiva de maduración de las hembras. En nuestro caso, asumimos una ojiva de maduración en «filo de cuchillo». Es decir, consideramos que a partir de la edad V todos los ejemplares son sexualmente maduros.
7. Proporción de F antes de la puesta (*vorpf.dat*): Normalmente se considera como fecha de la puesta el 1 de enero, por lo que el valor de la proporción de la tasa de mortalidad pesquera antes de la puesta es 0.
8. Proporción de M antes de la puesta (*vorpm.dat*): De igual manera que el caso anterior se adopta, generalmente, el valor 0.

Los requerimientos mínimos para el funcionamiento del programa son los ficheros de captura por clase de edad (*vorcn.dat*) y el de mortalidad natural (*vornm.dat*). A partir de éstos puede iniciarse un APV Separable, aunque si también se proporcionan las mortalidades pesqueras terminales (F_t), puede abordarse un APV Tradicional. Los ficheros restantes son necesarios para estimar el tamaño y la biomasa reproductora del stock.

Debido a las estrictas asunciones de la técnica, el APV Separable puede utilizarse a modo de análisis de calidad de los datos de entrada. Los valores terminales de la matriz de tasas instantáneas de mortalidad pesquera generadas por el APV Separable, pueden utilizarse como F_t de inicio de un APV Tradicional.

Elegimos la edad V como edad de referencia del análisis separable por ser ésta la más abundante en las capturas. Tras realizar distintos intentos, seleccionamos 0,6

como valor de S_t al ser el valor de la suma de cuadrados de los residuos de los más bajos de las distintas opciones ensayadas y, además, definir un patrón de selección coherente con el aparejo utilizado. La F_t seleccionada (0,3) procede también de distintos ensayos y el valor escogido es consistente con una aproximación a F a partir de la estima de Z de la curva de captura de la pseudo-cohorte 1999-2003.

Además, debido a los distintos patrones de explotación por los que ha atravesado la pesquería, ponderamos manualmente el análisis para dar mayor peso a los últimos años de la serie (1999-2003). Este periodo coincide con el inicio de las medidas encaminadas a la recuperación de la pesquería, por lo que podemos asumir un patrón de explotación estable, que recordemos es una de las premisas del APV Separable.

En los años inmediatamente anteriores, 1990-1998, dicha asunción no se cumple. Por este motivo, asumimos que la tasa instantánea de mortalidad por pesca de la última clase de edad (VIII) de los años precedentes es igual al promedio de las dos clases de edad inmediatamente anteriores. Es decir, para cualquier año de este periodo inicial: $F_{VIII} = (F_{VI} + F_{VII})/2$.

Los análisis se han acometido, tanto considerando la clase de edad más vieja (VIII) como edad verdadera, 8, como presumiendo ésta un grupo plus: Es decir, el grupo 8+ contiene ejemplares de esta última edad y además los peces mayores de 8 años, al ser más difíciles de separar los grupos de edad.

Por otro lado, la mortalidad natural (M) es un parámetro susceptible de limitar la precisión de la técnica de evaluación utilizada. A fin de analizar la sensibilidad de las estimas del APV, en especial la biomasa desovante (SSB), se han empleado dos valores alternativos (0,1 y 0,3) al considerado habitualmente para especies demersales ($M=0,2$). Así, pretendemos cubrir un espectro más amplio en el que debe encontrarse el valor de la tasa instantánea de mortalidad natural verdadero y, a la vez, analizar el efecto de ésta en virtud de la variabilidad de los resultados estimados.

5.2.3. Proyecciones de captura

Entre los métodos de predicción a corto plazo se ha escogido la versión «hacia adelante» del APV al crear nuevas cohortes a partir de un valor de reclutamiento, conocido o de ensayo, por aplicación directa de la ecuación de supervivencia. Se han empleado como datos de entrada un valor de mortalidad natural ($M=0,2$) y los resultados procedentes del APV considerando la edad 8 como grupo plus (8+) y

$M=0,2$. De esta manera, los futuros vectores de mortalidad pesquera por clase de edad ($F_{III-VIII}$), se obtienen como promedio de los valores estimados para los tres últimos años (2001-2003) escalando éstos al último año. El valor estimado del reclutamiento, origen de las nuevas cohortes, se calculó como media geométrica de los reclutamientos de ese mismo periodo de tiempo (2001-2003).

El vector de mortalidad por pesca por clase de edad del último año, *status quo*, puede variarse en función de la estrategia de pesca a adoptar. Para acometer la proyección a corto plazo de la pesquería del voraz del Estrecho de Gibraltar, recurrimos al programa informático «*Multifleet Deterministic Projection (MFDP)*» del ICES. Las proyecciones a corto plazo se basan en:

a) la Ecuación de supervivencia por clase de edad propuesta por Baranov en 1918.

$$N_{edad+1,año+1} = N_{edad,año} e^{-Z_{edad,año}}$$

donde, N: Abundancia de la población (número de ejemplares).

Z: Mortalidad total como resultado de F y M.

La tasa de mortalidad por pesca (F) es el producto de un F multiplicador (F_{Mult}) y un patrón de selección. Así, para la predicción de una flota desagregada la mortalidad pesquera total será:

$$F_{edad,año} = \sum_{Flota=1}^{N^{\circ}Flotas} F_{Mult}_{edad,flota} Selecció_{año,edad,flota}$$

b) La Captura en número,

$$C_{edad,año} = N_{edad,año} \frac{F_{edad,año}}{Z_{edad,año}} (1 - e^{-Z_{edad,año}})$$

c) Y el Rendimiento o captura en peso,

$$Y_{año} = \sum_{Primer edad}^{Última edad} C_{edad,año} CW_{t_{edad,año}}$$

donde, CWt: peso medio por clase de edad en la captura.

La Biomasa desovante del stock (SSB) se estima como,

$$SSB_{\text{año}} = \sum_{\text{Primera edad}}^{\text{Última edad}} N_{\text{edad, año}} \text{Mat}_{\text{edad, año}} \text{SWt}_{\text{edad, año}}$$

donde, Mat es la proporción de maduración por clase de edad, y

SWt el peso medio por clase de edad en el stock.

Los análisis de sensibilidad de las predicciones a corto plazo, se han realizado mediante alguno de los programas incluidos en el *software* WGMTERM del Marine Laboratory de Aberdeen (Escocia, GB).

Para las predicciones a largo plazo, y bajo la asunción de situación de equilibrio, se ha utilizado el Modelo de Producción por Recluta desarrollado por Beverton y Holt en 1957. Los análisis de este tipo de modelo, proporcionan puntos de referencia a largo plazo basados en el peso medio de la captura y la mortalidad pesquera y natural por clase de edad (F_{MAX} y $F_{0.1}$). Se ignoran las relaciones stock-reclutamiento y el rendimiento en equilibrio se calcula sobre la base de un recluta. Del mismo modo que para las proyecciones a corto plazo, se han empleado como datos de entrada un valor de mortalidad natural ($M=0,2$) y los vectores de mortalidad pesquera ($F_{\text{III-VIII}}$), estimados como promedio de los valores de los tres últimos años (escalados al último año). Para los cálculos de estas proyecciones, se ha contado con la ayuda del programa informático «*Multifleet Yield Per Recruit (MFYPR)*» del ICES, mediante la formulación:

$$YPR = \sum_{a=\text{Primera Edad}}^{\text{Ultima Edad}} e^{-\sum_{i=\text{Primera Edad}}^{a-1} S_i F \text{Mult} + M_i} Wt_a \frac{S_a F \text{Mult}}{S_a F \text{Mult} + M_a} (1 - e^{-S_a F \text{Mult} + M_a})$$

donde, Wt_a : Peso por clase de edad.

S_a : Selectividad por clase de edad.

M_a : Mortalidad natural por clase de edad.

$F \text{Mult}$: Coeficiente multiplicador de F.

La derivada del rendimiento por recluta con respecto a F puede calcularse como sigue: Los tres términos de la ecuación se diferencian respecto a F.

$$a = \frac{F}{Z}$$

$$a' = \frac{S}{Z}(1 - a)$$

$$b = 1 - e^{-Z}$$

$$b' = S e^{-Z}$$

$$c = e^{-\sum_{Pr\ imeraEdad}^{EdadActual} Z}$$

$$c' = -e^{-\sum_{Pr\ imeraEdad}^{EdadActual} Z} \sum_{Pr\ imeraEdad}^{EdadActual} S$$

Hay que recordar que la selección acumulada y los términos de mortalidad totales constituyen la mortalidad que acontece al inicio del año.

Las derivadas se combinan usando la regla principal, multiplicando cada edad por su peso y sumando todas las edades.

$$\frac{dYPR}{dF} = \sum_{Pr\ imeraEdad}^{ÚltimaEdad-1} Wt(a'bc + ab'c + abc')$$

La biomasa desovante (SSB) por recluta puede utilizarse para obtener objetivos de conservación del stock, sin referencia a relaciones stock-reclutamiento, mediante el peso del stock, madurez y mortalidades pesqueras y natural por clase de edad. De esta manera, suelen expresarse puntos de referencia (por ejemplo: $F_{35\%SPR}$) en función del porcentaje del valor de la SSB por recluta, cuando la F total es cero (SSB virgen por recluta).

$$SPR = \sum_{a=PrimeraEdad}^{ÚltimaEdad} \left(e^{-\sum_{i=PrimeraEdad}^{a-1} S_i F Mult M_i} W_{t_a} Mat_t \right)$$

donde, W_{t_a} : Peso por clase de edad

Mat_a : Madurez por clase de edad

S_a : Selectividad por clase de edad

M_a : Mortalidad natural por clase de edad

$FMult$: Coeficiente multiplicador de F

5.2.4. Puntos de referencia

Los puntos de referencia biológicos habitualmente utilizados (F_{MAX} , $F_{0.1}$, F_{LOW} , F_{MED} , F_{HIGH} , $F_{35\%SPR}$ y F_{LOSS}) se han estimado mediante la herramienta *PA Soft* del CEFAS (*The Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science*).

Los límites superiores de explotación para stocks individuales tienen como objetivo reducir el riesgo de que la biomasa reproductora caiga por debajo de un determinado umbral. Dicho umbral mínimo de biomasa reproductora recibe el nombre de B_{LIM} y su valor puede ser seleccionado a partir de los datos de la serie histórica, a fin de elegir uno que evite un alto riesgo de deterioros del reclutamiento.

Así como la incertidumbre es inherente al trabajo científico, las estimas de biomasa reproductora (SSB) y mortalidad pesquera (F) llevarán asociadas un grado de ésta que debe ser tenido en cuenta en los puntos de referencia adoptados. Considerando el nivel de incertidumbre asociado, a fin de evitar el riesgo de que la SSB caiga por debajo de B_{LIM} , debe aplicarse una zona tampón, estableciéndose un nuevo punto de referencia denominado de precaución (B_{PA}). De esta forma, tratamos de asegurar que a partir del valor del B_{PA} la biomasa reproductora verdadera se encuentre por encima de la biomasa establecida como límite (B_{LIM}).

En el año 2006, el WGDEEP reviso los puntos de referencia biológicos, propuestos para situaciones de pobreza de datos por ICES y NAFO en 1997 y usados en este Grupo de Trabajo desde 1998 (ICES, 2006). Éstos son los siguientes:

En lo que respecta a la biomasa,

$$U_{LIM} = 0,2 * U_{MAX}$$

$$U_{PA} = 0,5 * U_{MAX}$$

donde U es un índice de la biomasa explotable. En nuestro caso, al realizarse una evaluación analítica, disponemos de un valor absoluto de biomasa y no de un índice relativo. Por este motivo, decidimos la adopción del mínimo valor de biomasa desovante observado (B_{LOSS}) como B_{LIM} . Siguiendo este criterio, la estima de B_{PA} la hacemos mediante la fórmula general:

$$B_{PA} = B_{LIM} * e^{(1,645 * \sigma)} \text{ (ICES, 1998b)}$$

donde σ es una medida de la incertidumbre de la estima de biomasa total que habitualmente adopta valores entre 0,2-0,3. Para el caso de la pesquería del voraz del Estrecho de Gibraltar hemos utilizado $\sigma=0,2$.

Respecto a la tasa instantánea de mortalidad pesquera, seguimos el criterio aceptado en el ICES WGDEEP 2006,

$$F_{LIM}=F_{35\%SPR}$$

$$F_{PA}=M$$

5.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El objetivo final de la evaluación de un recurso explotado es alcanzar un conocimiento lo más *real* posible del estado y evolución del recurso y su nivel de explotación. Antes de proceder a la presentación y análisis de los resultados obtenidos, conviene aclarar que nos encontramos ante el desarrollo de un *ejercicio*, con todas las implicaciones que esto conlleva. Hemos de ser plenamente conscientes de que estamos evaluando datos, así que, es importante discutir la calidad y procedencia de éstos: A partir de esta premisa, ¿cómo hemos obtenido la matriz de capturas de la pesquería del voraz en el Estrecho de Gibraltar?

5.3.1. Matriz de capturas

Ésta no es más que una distribución anual de la abundancia, en número de ejemplares, de cada clase de edad presente en la captura comercial. Ya hemos visto que para su obtención es necesario disponer de las distribuciones anuales de talla de la captura y una herramienta, clave talla-edad, que transforme éstas en distribuciones en edad.

Los muestreos de talla de la captura comercial comenzaron a realizarse regularmente en 1997, y es a partir de este año cuando se dispone de distribuciones de talla propiamente dichas. El muestreo se realiza por categoría comercial, por lo que para los años anteriores (1990-1996), se estimaron las distribuciones de talla aplicando una distribución estándar de cada categoría comercial sobre el total de captura anual de cada una de ellas. La consideración de que la composición de cada categoría comercial no ha variado con el tiempo, es una primera asunción que debemos tener en cuenta a la hora de la interpretación de los resultados. Por ello, a causa de la variación del número y composición de las categorías comerciales, nos ha parecido conveniente, a efectos de evaluación, desestimar las distribuciones de talla del periodo inicial de la pesquería (1983-1989).

Los estudios de crecimiento corresponden únicamente a un periodo anual, por lo que disponemos de dos claves talla-edad obtenidas a través de lectura de otolitos (tres y dos lecturas coincidentes). De esta manera, la transformación de las distribuciones de talla de los desembarcos a captura por edad, asume invariabilidad en el crecimiento de la especie a lo largo de todo el periodo considerado y los resultados podrían estar sesgados (Westrheim y Ricker, 1978).

Según todo lo expuesto, estamos ante una evaluación sintética pero sin embargo, a nuestro juicio, válida para estimar el estado del recurso explotado cuando menos en lo referente a sus tendencias.

Para iniciar ésta, ya hemos comentado que la distribución de la captura, en número de ejemplares por clase de edad, también conocida como matriz de capturas, es un requisito indispensable para abordar la evaluación mediante APV de un recurso explotado. En nuestro caso, la utilización de las dos claves talla-edad (tres y dos lecturas coincidentes) obtenidas mediante los estudios de crecimiento, discutidos en el Capítulo 4 de esta Memoria, daría como resultado la presencia de dos distribuciones por clase de edad de la captura.

En un primer momento, se utilizó la clave talla-edad con tres lecturas coincidentes, pero ésta parece producir una peor asignación de las tallas a la clase de edad V. Así, se provoca un desplazamiento de las tallas hacia la clase de edad IV, con el consiguiente incremento del porcentaje de esta clase de edad y disminución del número de ejemplares de edad V en la captura.

Por este motivo, al no existir diferencias significativas entre las dos ALKs, se usó la clave talla-edad obtenida a partir de dos lecturas coincidentes, ya que la distribución en porcentaje de la captura por clases de edad parece más coherente, resolviéndose los problemas causados por la baja presencia de la clase de edad V.

Debido a esta mejor asignación, se convino en la utilización de ésta para la partición de la captura en clases de edad, a fin de poder iniciar el proceso de evaluación de la población. A partir de ahora, los resultados estarán siempre referidos a la matriz de capturas obtenida a partir de la clave talla-edad con dos lecturas coincidentes (Figura 5.2).

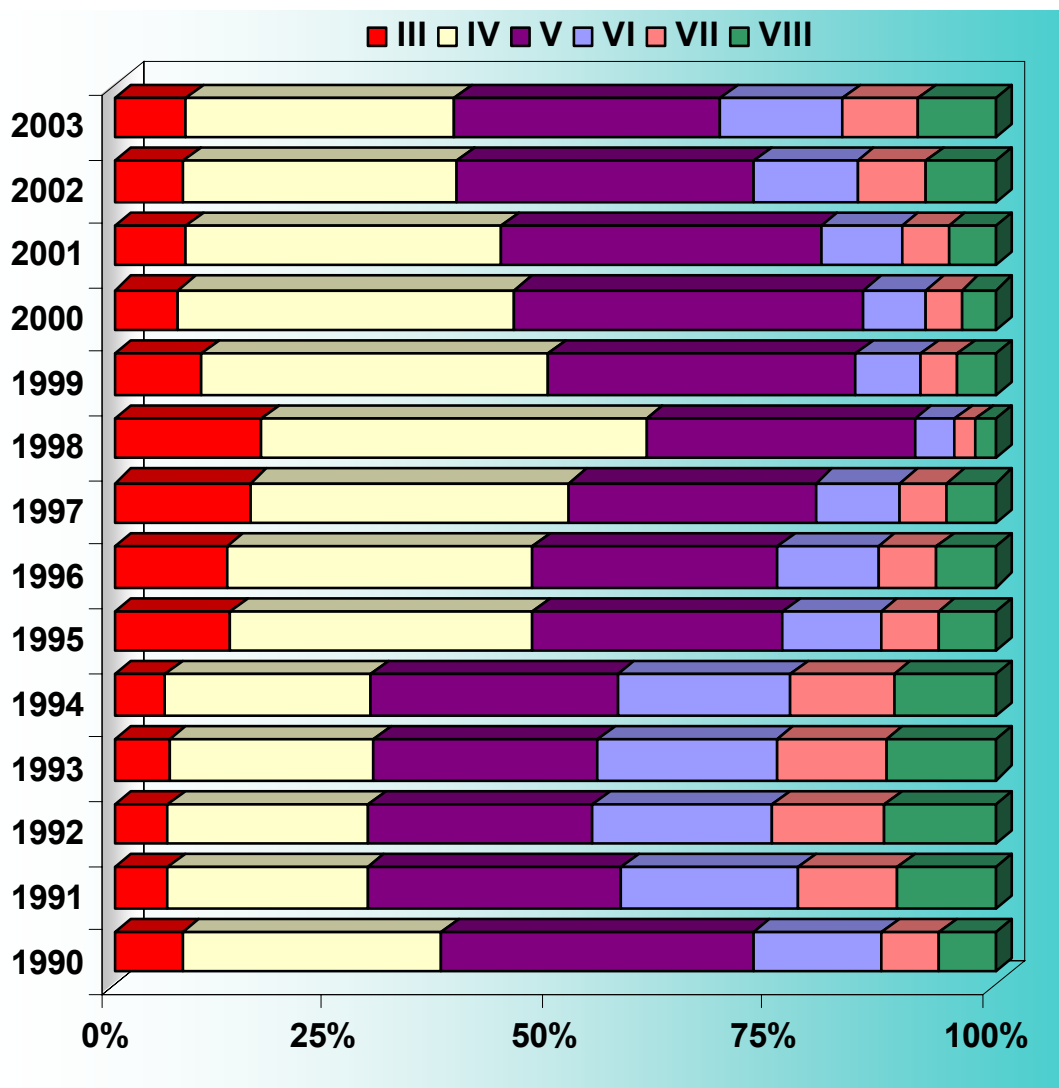


Figura 5.2. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Distribución porcentual de la captura por clase de edad (1990-2003).

A partir de la matriz de capturas resultante, observamos que las clases de edad presentes en la captura van de la III a la VIII. Debemos recordar lo ya reseñado en el Capítulo referente a la biología de la especie de esta Memoria: El voraz está considerado como una especie de crecimiento lento. Así, Gueguen en 1969 publica una edad máxima de 20 años mientras que en Azores ésta está establecida en 15 años (Krug, 1994).

Este hecho abre la discusión en torno al tratamiento de la edad 8 procedente de la ALK del Estrecho de Gibraltar. Parece evidente que ésta no debe ser la edad máxima de la población que nos ocupa, como ya hemos discutido en el capítulo anterior. Sin embargo, a efectos de la evaluación del recurso es necesario establecer si esta edad es la última de la fase explotada de la pesquería (edad verdadera: 8), o

conforma un grupo al que habría que añadir a los ejemplares de esa edad los más viejos (grupo plus: 8+).

Si consideramos la edad 8 como la más vieja, la ausencia de ejemplares mayores de 8 años sólo podría achacarse a una migración de éstos y/o el perfil de explotación debido a la selectividad del arte de pesca empleado. El análisis de las recapturas procedentes del marcado de adultos no refleja, hasta el momento, desplazamientos importantes en el área del Estrecho de Gibraltar (Sobrino y Gil, 2001; Canoura *et al.*, 2006). Respecto a la selectividad del anzuelo, no hay consenso sobre la forma de la curva de selectividad, encontrándose en la bibliografía diferentes modelos propuestos y curvas usadas, desde las de tipo normal o log-normal hasta la logística (Clark, 1960; Brock, 1962; Takeuchi y Koite, 1969; Koike y Kanda, 1978; Ralston, 1982; Pope *et al.*, 1983; Ralston, 1990). La información disponible sobre la selectividad de palangre para el voraz, refleja una curva de tipo logística, que implica que a partir de determinada talla, edad, el voraz está completamente seleccionado al arte (Sousa *et al.*, 1999; Bravo *et al.*, 2000). Por todo ello, parece razonable el considerar la edad 8 como un grupo plus y asumir la ausencia de ejemplares más viejos, consecuencia de la inherente dificultad para la determinación de la edad de éstos.

De cualquier manera, para evitar la toma de decisiones precipitadas, decidimos acometer el ejercicio de evaluación de la pesquería del voraz del Estrecho de Gibraltar contemplando ambas posibilidades, edad 8 y edad 8+, en la matriz de capturas.

Un concepto básico en los modelos estructurados por edad es el de cohorte o grupo de peces de la misma edad pertenecientes a un mismo stock. Compondrían una cohorte de voraces todos los peces de esta especie nacidos en el Estrecho de Gibraltar durante el primer trimestre de un año cualquiera. Cada una de las cohortes recorrerá a la largo de su ciclo vital una fase explotada que da lugar a la pesquería del recurso. En el caso del voraz, la fase explotada de cada cohorte comprende las clases de edad III a VIII (incluyendo las siguientes si ésta comprende un grupo plus).

Una curva de captura linealizada es la representación gráfica del logaritmo del número de peces capturados respecto a las correspondientes edades (Sparre y Venema, 1997). La Figura 5.3 representa las curvas de captura de diferentes cohortes a lo largo de su paso por la pesquería. Sólo hemos tenido en cuenta aquellas de las que se dispone de toda la información en este lapso vital (1987 a 1995). Es decir, todas sus edades a lo largo de la fase explotada, tienen representación en la captura.

Es patente el cambio en la estrategia de explotación de la actividad pesquera. En las cohortes más antiguas (1987 y 1988), gran parte de la captura se realiza sobre las clases de edad más viejas, VII y VI, respectivamente. Contrariamente, en las cohortes con entrada más reciente en la pesquería (1991 a 1994) la captura se concentra en las edades más jóvenes, en especial sobre la clase de edad IV. La última clase anual (1995) con pleno recorrido por toda la fase explotada, muestra mayor intensidad de captura sobre la edad V, por lo que podría estar reflejando un nuevo cambio en el perfil de explotación pesquera, a raíz de la implantación de medidas de recuperación sobre el recurso.

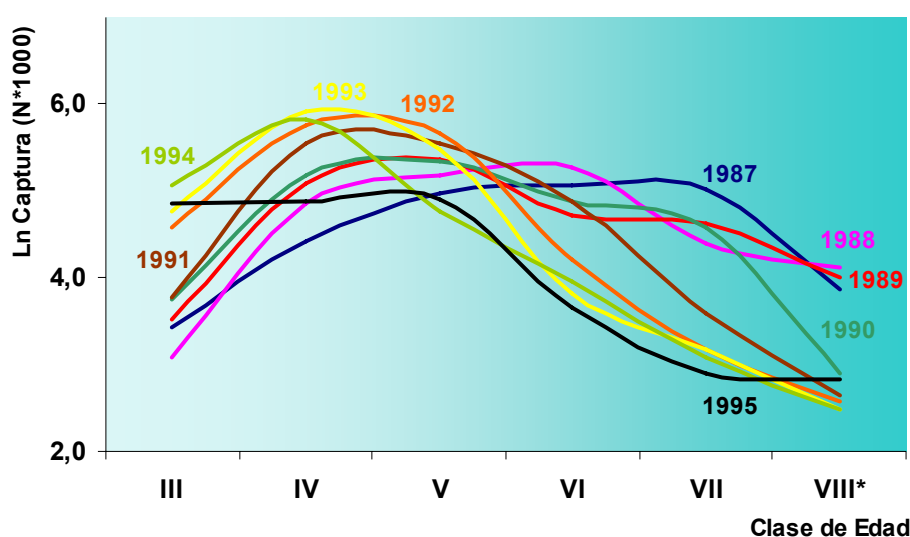


Figura 5.3. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Curvas de captura linealizadas de las cohortes con pleno recorrido por toda la fase explotada (1987-1995).

*La clase de edad VIII puede considerarse como grupo 8 o como grupo 8+.

Por otro lado, a fin de realizar una primera estima de Z (tasa de mortalidad total) podemos crear una pseudocohorte⁽¹⁰⁾ que refleje las capturas de un periodo de tiempo con igual patrón de explotación: Para este caso consideramos los años 1999-2003, ya que fue en esta fecha cuando se iniciaron las medidas de gestión, planes de pesca, sobre la pesquería. De esta manera, obviaremos el problema del reclutamiento constante al compensarlo mediante un proceso aditivo.

La Figura 5.4 muestra gráficamente cómo hemos realizado la estima global de Z a partir de la pseudocohorte creada (1999-2003). Hemos excluido el dato de la primera clase de edad (III) del análisis de regresión, ya que ésta no está

⁽¹⁰⁾**Pseudocohorte:** Cohorte generada como promedio o adición del número de ejemplares por clase de edad (o talla) de un periodo determinado. De este modo, representamos la estructura demográfica media de las capturas de un lapso de tiempo dado.

completamente reclutada. Si incluyéramos esta edad, la tasa de mortalidad total no permanecería constante para todas las edades, incumpléndose entonces uno de los supuestos en los que se basa el análisis de la curva de captura linealizada. La forma de evitar este problema es la exclusión de aquellas clases de edad sospechosas de no estar sometidas a plena explotación (Sparre y Venema, 1997).

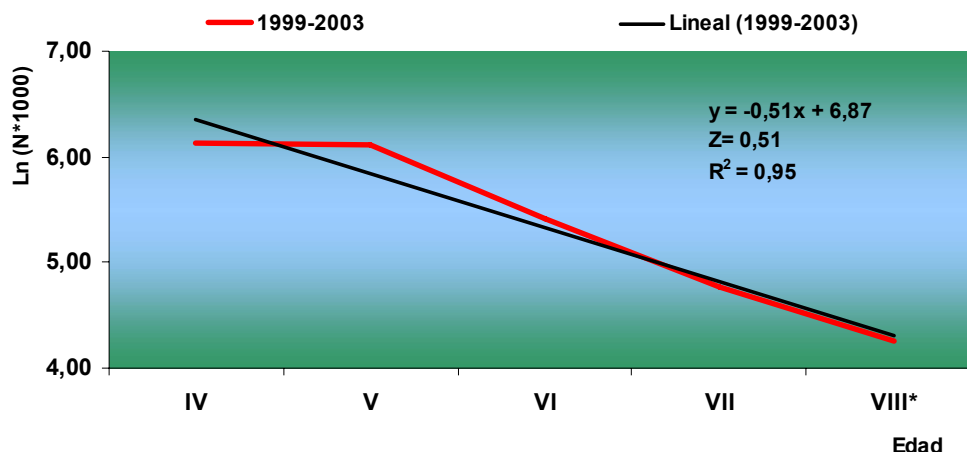


Figura 5.4. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Estima de Z a partir de la curva de captura de la pseudocohorte creada por adición de la captura por clase de edad de los años 1999-2003.

*La clase de edad VIII puede considerarse como grupo 8 o como grupo 8+.

El valor anual de la tasa instantánea de mortalidad total (Z) obtenido para las edades 4 a 8 es de 0,51. El valor del coeficiente de regresión (0,95) es lo suficientemente alto como para confiar en el valor estimado de Z, a pesar de las estrictas asunciones de parámetros constantes del método utilizado.

5.3.2. Evaluación del recurso

En el APV, la mortalidad natural (M) debe estimarse independientemente, aunque en realidad casi siempre se desconoce y para especies demersales se adopta el valor $M = 0,2$. La precisión del análisis dependerá del tamaño de M en relación con F, pero si M es pequeña en comparación con F, puede no ser importante que M esté bien estimada o incluso que sea una conjetura, aunque próxima a la realidad (Guerra y Sánchez, 1998). De cualquier manera, los resultados obtenidos estarán más o menos influenciados en virtud del valor escogido. Para analizar el grado de sensibilidad de la técnica al valor de mortalidad natural utilizado, realizaremos el proceso de evaluación a partir de un rango creciente de valores de M: 0,1 a 0,3 a fin de contemplar valores extremos de este parámetro respecto al formalmente adoptado en diferentes Grupos de Trabajo de Evaluación de especies demersales (0,2).

Además, estos análisis de sensibilidad deben contemplar también la consideración, o no, de la clase de edad 8 como grupo plus (8+).

Hechas estas consideraciones, conviene aclarar que en el caso de la pesquería del voraz del Estrecho de Gibraltar, la ausencia de datos de calibración *ad hoc* (CPUEs representativas, índices de abundancia independientes...) impide la utilización de prácticas, como por ejemplo XSA ampliamente usado en el contexto de los Grupos de Trabajo de Evaluación del ICES, para el ajuste de las tasas de mortalidad pesquera de inicio de dicha técnica.

La aplicación de un APV Separable puede ayudarnos a una mejor selección de estos valores y, por otro lado, este análisis sirve como ejercicio previo de coherencia de la matriz de captura utilizada en la evaluación: La matriz de residuos resultante (diferencia entre los valores observados y los valores esperados a partir de los parámetros de entrada) es una herramienta indispensable para el análisis de la calidad de los resultados obtenidos y una señal de la coherencia de los mismos. Bajos valores presentes en la matriz de residuos de capturas por clase de edad resultante del APV Separable, son reflejo de la coherencia interna de los datos de entrada. La distribución aleatoria de los valores positivos y negativos evidencia la ausencia de variación en el patrón de explotación. El uso de series largas de datos puede ser un inconveniente, ya que el patrón de explotación puede haber cambiado a lo largo del tiempo. Así, siendo conscientes de los cambios en el esquema de explotación de la pesquería, contrarios a la asunción de esquema de explotación constante de la técnica utilizada, damos peso, únicamente, a los últimos años de la serie histórica (1999-2003).

Ya hemos comentado que el uso de esta técnica requiere tres parámetros de entrada: Edad de referencia, F_t y S_t . Para ello, seleccionamos como edad de referencia aquella más abundante en las capturas, una F_t arbitraria y diferentes valores de S_t , seleccionando la que define el patrón de selección más adecuado. Definidas ya la edad de referencia y la S_t se prueban distintos valores de F_t a fin de encontrar aquel que mejor correlación presente con la medida del esfuerzo pesquero. El objetivo último es minimizar la matriz de residuos $R(a,y)$, que no es más que la diferencia de los logaritmos de las capturas observadas y estimadas bajo el criterio de separabilidad. Así, la selección de los parámetros será función de los residuos totales, a través de los residuos marginales de las edades y de los años. Una vez definidos los valores de los parámetros de entrada, podremos ejecutar el APV Separable.

Tras la ejecución de diferentes ensayos se adoptó la clase de edad 5 como edad de referencia, un valor de 0,6 como selectividad terminal y un nivel de F_t de 0,3. Estos ejercicios se realizaron, tanto considerando la edad 8 como verdadera (8), como constituyendo ésta como grupo plus (8+), pero siempre considerando la tasa instantánea de mortalidad natural como 0,2.

La representación gráfica de la matriz de residuos de ambos APV Separable se muestra en la Figura 5.5 y en la Figura 5.6, aunque también se presentan numéricamente en el Anexo III de esta Memoria. Los periodos de la serie histórica con diferente patrón de explotación, quedan patentes al presentar sus residuos diferencias, especialmente en lo referente a su tamaño. Así, en la serie histórica analizada tenemos dos intervalos diferentes (1990-1998 y 1999-2003), resultado de cambios en el patrón de explotación de la pesquería del voraz.

El primer intervalo, 1990-1998, coincide con un periodo de actividad pesquera dirigida a ejemplares de mayor tamaño. Sin embargo, a partir de 1995 cuando la flota de Algeciras comienza a comercializar las capturas en la lonja de esta localidad, se produce una disminución de la talla media de captura, ya comentado en el Capítulo 3 de la presente Memoria. Este aumento de desembarcos de ejemplares más pequeños podría ser consecuencia, tanto de la explotación de caladeros con mayor presencia de voraces jóvenes por la flota algecireña, como del inicio de una situación general de sobrepesca de crecimiento.

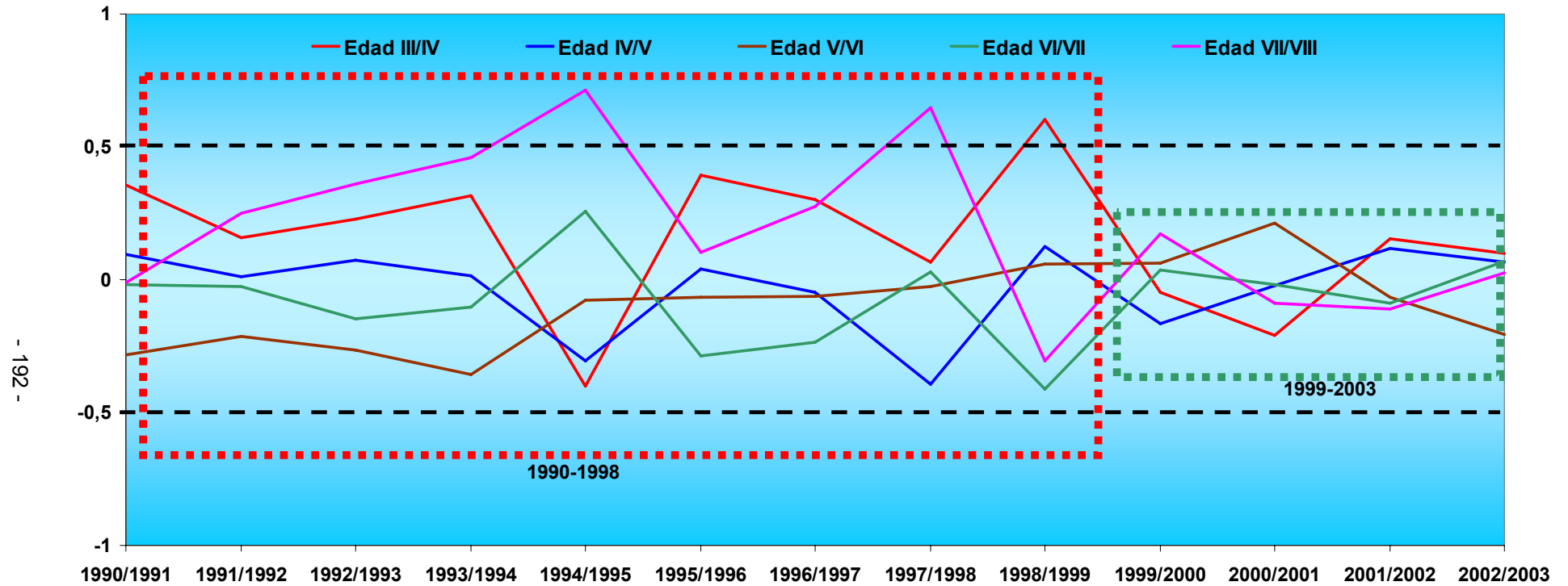


Figura 5.5. Voraz del Estrecho de Gibraltar: APV Separable (1990-2003): Matriz de residuos resultante del análisis considerando la clase de edad 8 como edad verdadera, la clase de edad 5 como edad de referencia, un valor de 0,6 como selectividad terminal y 0,3 como valor de intensidad de pesca.

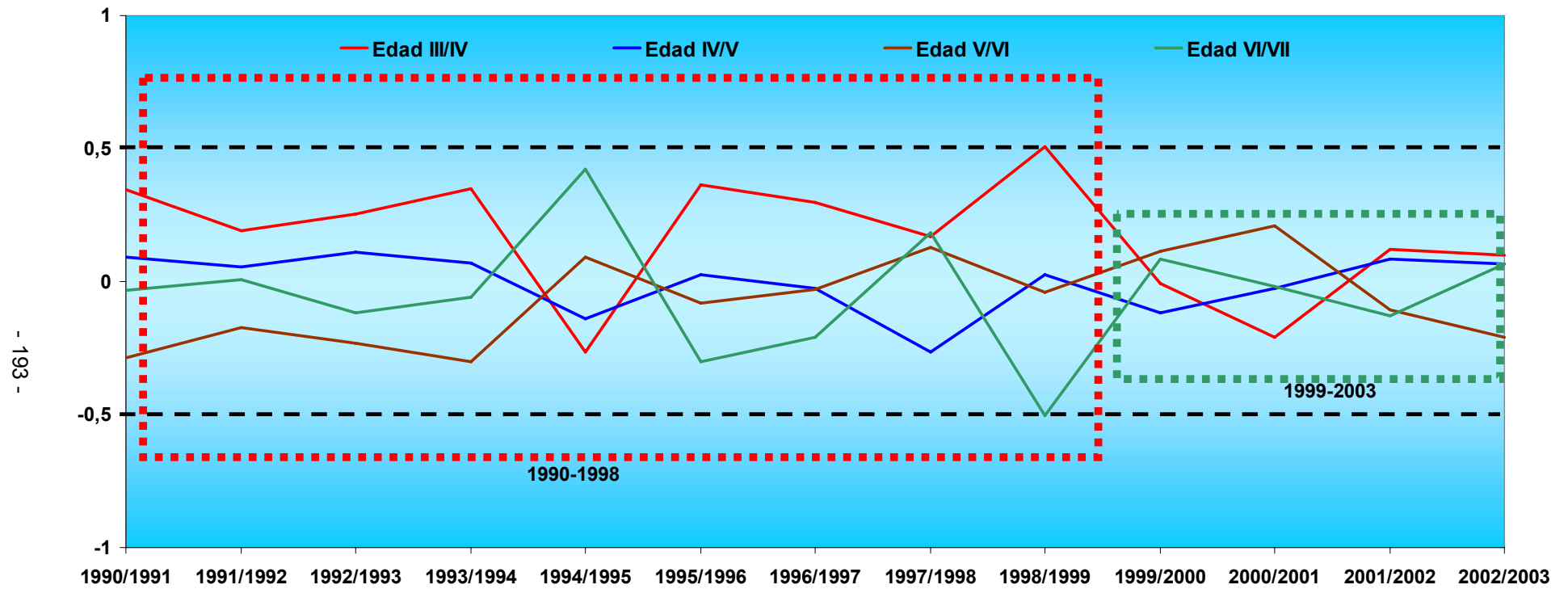


Figura 5.6. Voraz del Estrecho de Gibraltar: APV Separable (1990-2003): Matriz de residuos resultante del análisis considerando la clase de edad 8 como grupo +, la clase de edad 5 como edad de referencia, un valor de 0,6 como selectividad terminal y 0,3 como valor de intensidad de pesca.

Por último, el periodo 1999-2003 está caracterizado por un nuevo cambio del patrón de explotación de la pesquería del voraz del Estrecho de Gibraltar al ponerse en práctica las medidas de ordenación incluidas en los Planes de Pesca. El establecimiento de una talla mínima de desembarco y el consiguiente incremento de la talla media de captura, han de ser tenidos en cuenta a la hora de determinar la edad de referencia del análisis en este intervalo.

La presencia de periodos con diferente patrón de explotación es claramente contraria a una de las asunciones de la técnica del APV Separable, por lo que éstos deberían tratarse independientemente. Por otro lado, además de las matrices de residuos, otros resultados del APV Separable son las matrices de tasas de mortalidad pesquera (F) y abundancia (N). A partir de las mortalidades pesqueras terminales puede iniciarse un APV Tradicional (o Análisis de Cohortes) que proporcionará nuevas matrices de F y N , que no tienen por qué coincidir con las del APV Separable, al no poseer ambas técnicas las mismas asunciones. Sin embargo, se considera que las estimas resultantes del APV Tradicional poseen menos error que las obtenidas por APV Separable.

Por todo ello, sólo nos interesan los valores de la tasa de mortalidad pesquera del último año y de la última clase de edad de cada año de la serie (F_t), resultado del APV Separable para completar los parámetros de entrada requeridos para continuar con el proceso evaluación por medio del APV Tradicional.

Sin embargo, debido a los cambios en el esquema de explotación observados en la pesquería que nos ocupa, estimamos las F_t durante el periodo 1990-1998 como media de las dos anteriores. Es decir, la mortalidad pesquera ejercida sobre la clase de edad VIII será el resultado de la media aritmética de las F correspondientes a las clases de edad VI y VII de cada año del primer periodo considerado.

Siguiendo este criterio, proseguimos el proceso de evaluación mediante análisis de cohortes. Así, obtendremos otra estimación de la abundancia, en número y biomasa, de la población y la mortalidad por pesca a la que ésta ha sido sometida, cuyo fruto son las capturas de la población de voraces del Estrecho de Gibraltar. Ensayamos diferentes APVs para poder valorar la sensibilidad de las estimaciones respecto al valor de mortalidad natural adoptado y la consideración del último grupo de edad como edad verdadera (8) o grupo plus (8+). De este modo, obtenemos 6

escenarios de resultados, 2 (edad 8 y edad 8+) por cada valor de mortalidad natural empleado.

A modo de resumen, en la Figura 5.7 presentamos las diferentes estimas de biomasa desovante (SSB) resultado de la aplicación del APV Tradicional. Hemos de recordar que, en todos los casos, partimos de la misma matriz de capturas variando únicamente el valor de la tasa instantánea de mortalidad natural (M). Además, el inicio del proceso de evaluación por APV difiere según consideremos la última clase de edad, por lo que los ensayos se repitieron teniendo en cuenta la edad 8 como verdadera y como grupo plus.

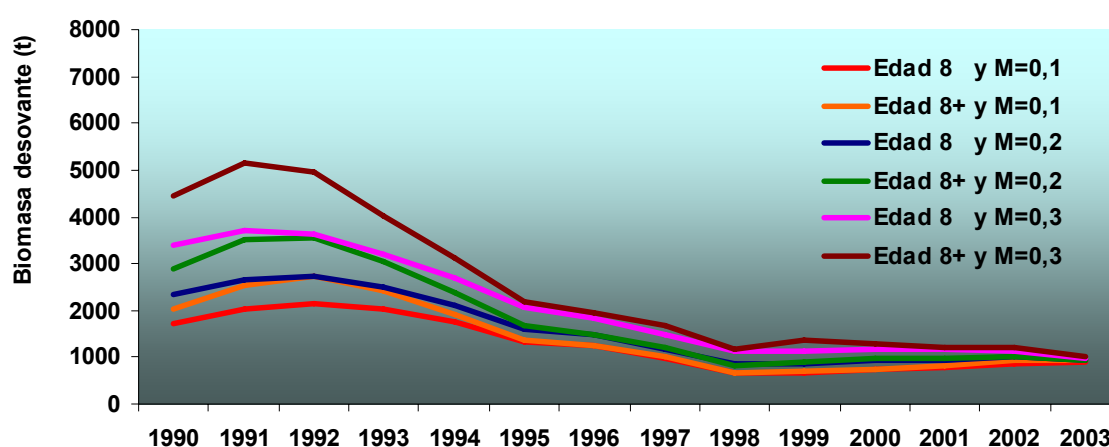


Figura 5.7. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Estimaciones de SSB procedentes de diferentes ensayos del APV (variando el valor de la tasa instantánea de mortalidad natural y considerando la última edad como edad verdadera (8) o bien como grupo plus (8+)).

Las estimas de SSB presentan mayores diferencias en los primeros años de la serie histórica evaluada. Sin embargo, en los últimos años éstas son más semejantes, encontrándose en el último año una diferencia de sólo el 12% entre la menor y la mayor de las estimas: 893 t (Edad 8 y M=0,1) y 1011 t (Edad 8+ y M=0,3), respectivamente. La consideración de la clase de edad 8 como grupo plus en cada uno de los escenarios contemplados (M=0,1; M=0,2 y M=0,3) da lugar a un incremento de la biomasa desovante en los primeros años de la serie histórica, debido a la mayor abundancia en la captura de ejemplares de esta clase de edad.

En cualquiera de los casos contemplados, está clara la tendencia decreciente de la biomasa reproductora del stock evaluado. En la más optimista de las opciones (Edad 8+ y M=0,3) la biomasa desovante al inicio del año 2003, tan sólo constituye el 23% respecto a la presente al inicio del año 1990: Esto es, la SSB habría sufrido un descenso algo superior al 75% de la biomasa desovante original. En el caso contrario, la estima más pesimista (Edad 8 y M=0,1) de la biomasa desovante, en el último año,

es el 52% de la del 1990, por lo que nos encontraríamos ante una reducción de, aproximadamente, la mitad de la SSB original.

Estas variaciones de la biomasa se deben a variaciones, anuales y por clase de edad, de la tasa instantánea de mortalidad por pesca (F). Las diferentes estimas de este parámetro en virtud de las opciones contempladas se representan en la Figura 5.8.

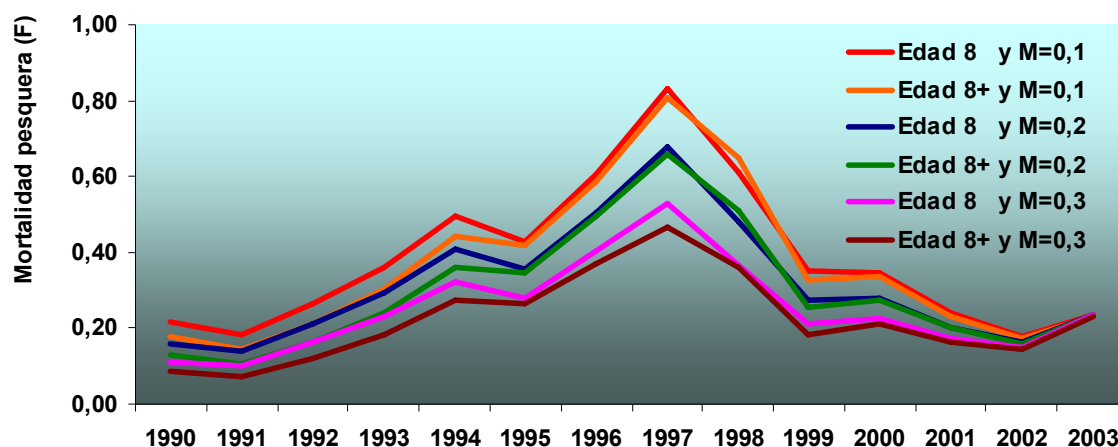


Figura 5.8. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Estimas de F procedentes de diferentes ensayos del APV (variando el valor de la tasa instantánea de mortalidad natural y considerando la última edad como edad verdadera (8) o bien como grupo plus (8+).

Del mismo modo que para la biomasa desovante nos encontramos ante diferentes valores anuales pero similar tendencia. Las estimas de F más altas corresponden al más pesimista de los escenarios tenidos en cuenta para la SSB (Edad 8 y $M=0,1$). Mientras, los valores más bajos de mortalidad pesquera (Edad 8+ y $M=0,3$) dan como resultado mayores cantidades de SSB.

Llegados a este punto, nos parece razonable la adopción de un escenario intermedio para la interpretación de los resultados de la evaluación analítica de la pesquería del voraz del Estrecho de Gibraltar. Por tanto, la opción escogida corresponde a $M=0,2$ (que además corresponde al valor formalmente adoptado en la evaluación de recursos demersales) considerando la edad 8 como un grupo plus. Avalan la adopción de esta última consideración, tanto el conocimiento de ejemplares mayores de edad 8 en otras zonas, como la consciencia de una necesidad de mejora de los estudios de crecimiento de esta especie en nuestra área de estudio.

Así las cosas, la Tabla V.I muestra a modo de resumen las estimas de biomasa total y desovante (en toneladas), el reclutamiento (en miles de individuos) que en nuestro caso lo constituyen los ejemplares de la clase de edad 3, la captura

desembarcada (en toneladas) y por último, una tasa de mortalidad pesquera ($F_{\text{BAR } 4-7}$) que no es más que la media aritmética de las F correspondientes a dichas edades.

Tabla V.I. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Resultados de la evaluación mediante APV Tradicional ($M=0,2$ y edad 8+).

Año	Edad III	Biomasa	B. desovante	Captura	$F_{\text{BAR } 4-7}$
1990	1789	4592	2898	428	0,13
1991	1522	4974	3496	423	0,11
1992	1435	4859	3552	631	0,17
1993	1388	4258	3025	765	0,24
1994	1281	3563	2367	854	0,36
1995	1483	2765	1665	625	0,35
1996	1430	2641	1498	769	0,49
1997	1296	2247	1211	808	0,66
1998	1017	1678	814	519	0,51
1999	829	1704	917	278	0,25
2000	649	1716	960	305	0,27
2001	486	1535	986	220	0,20
2002	428	1446	1012	166	0,16
2003	410	1315	929	212	0,24

El término reclutamiento se define como el número de individuos al inicio de la primera clase de edad de la fase explotada, en nuestro caso la edad 3. Las estimas de biomasa y biomasa desovante están ajustadas mediante la aplicación del factor de corrección SOP (suma de productos), resultado del cociente de la captura total en peso, y el producto del sumatorio del número de individuos de cada clase de edad en la captura por el peso medio de cada edad. Las estimaciones resultantes reflejan una continua reducción de la biomasa del voraz del Estrecho de Gibraltar a partir del año 1993. Las 4974 t presentes en el mar estimadas para el año 1991, suponen el máximo de biomasa de la serie histórica evaluada. Por el contrario, y desgraciadamente, el valor mínimo de ésta se alcanza en el 2003, 1315 t, consecuencia del incremento continuo de la tasa de mortalidad pesquera media ($F_{\text{BAR } 4-7}$) en años anteriores.

En la Figura 5.9 se representan de manera gráfica los valores incluidos en la Tabla V.I. Paralelamente a la reducción de la biomasa total se observa una disminución de la biomasa desovante que presenta valores mínimos en los últimos años de la serie analizada.

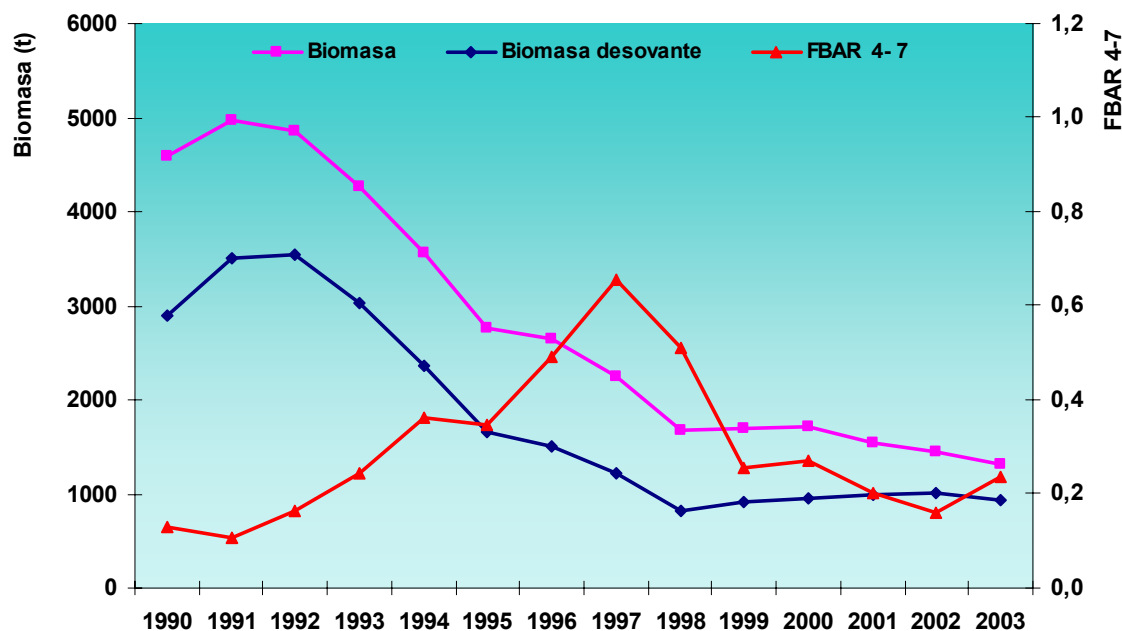


Figura 5.9. Voraz del Estrecho de Gibraltar: APV Tradicional ($M=0,2$ y edad 8+). Evolución de la biomasa total, biomasa desovante y tasa instantánea de mortalidad por pesca media ($F_{BAR\ 4-7}$).

Esta reducción de la biomasa reproductora ha podido y puede tener efectos negativos al poder comprometer futuros reclutamientos del stock (Figura 5.10), aunque dichos efectos no han sido evaluados en la presente Memoria. Sin embargo, todo parece indicar que los reclutamientos del voraz están regidos por mecanismos determinísticos más que estocásticos. De hecho, en la población del voraz de Azores (Krug, 1994) reclutamiento y stock reproductor parecen estar íntimamente relacionados, a pesar de que es previsible la existencia de algunos mecanismos compensatorios para que las poblaciones sobrevivan a alteraciones, naturales y/o antropogénicas, del medio ambiente (Anthony y Fogarty, 1985; Overholtz *et al.*, 1986). La presencia de bajos reclutamientos parece estar más relacionada con una menor abundancia de la población parental, que una consecuencia de las variaciones oceanográficas acaecidas en el área durante los primeros estadios de desarrollo, fracción ictioplanctónica y juvenil, de la especie.

La drástica reducción de biomasa de reproductores puede ser achacable a la pesca de ejemplares más pequeños e inmaduros, al impedir que éstos lleguen a alcanzar la talla/edad de maduración. La disminución de la talla media de la captura, observada durante el periodo 1995-1998, puede interpretarse como un síntoma de mala salud del recurso, además de un indicio claro de sobreexplotación, sobrepesca de crecimiento, del recurso. Estos efectos perjudiciales se ven aumentados debido a la actividad de pesca recreativa con artes y haladores *quasi* profesionales sobre la

fracción juvenil del recurso en la región surmediterránea española, si bien, resulta imposible su cuantificación, y por tanto, la evaluación de los mismos.

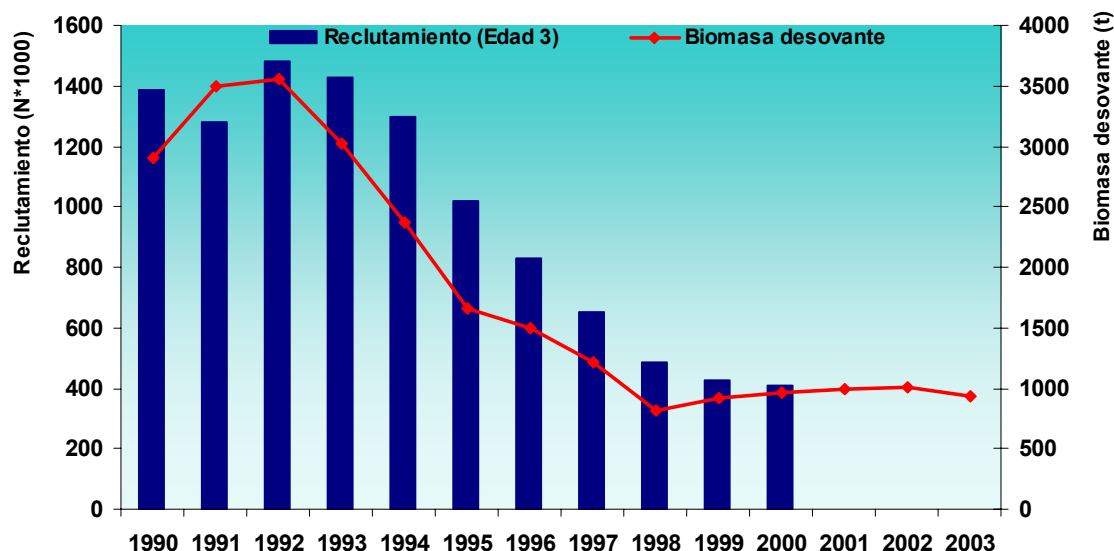


Figura 5.10. Voraz del Estrecho de Gibraltar: APV Tradicional ($M=0,2$ y edad 8+). Evolución de la biomasa desovante y del reclutamiento resultante.

En el año 2001 García del Hoyo *et al.*, del Departamento de Economía General y Estadística de la Universidad de Huelva, publicaron los resultados de la evaluación de la pesquería del voraz del Estrecho de Gibraltar mediante el Modelo de Producción propuesto por Schaefer en 1954. En dicho trabajo evalúan la serie histórica de datos de los años 1987 a 1999. La unidad de esfuerzo seleccionada fue los días de pesca, que estandarizaron multiplicándolos por un índice representativo de la evolución de la capacidad de pesca de las embarcaciones voraceras. La captura máxima (o Rendimiento Máximo Sostenible, RMS) se situaría en torno a las 412 t por año, con un nivel de esfuerzo de 6481 días de pesca estándar y una biomasa media de equilibrio en el óptimo de 2409,4 t. A juicio de estos autores, resultan evidentes las consecuencias de la sobreexplotación del recurso desde 1992, experimentándose severas reducciones de la biomasa a partir de dicho año, con la única excepción de 1996, año en el que se redujo levemente el esfuerzo de pesca. El esfuerzo pesquero también disminuyó en 1999, ya que la pesquería se cerró durante dos meses, se cerró el censo de flota autorizada y se establecieron taras por día de pesca (García del Hoyo *et al.*, 2001).

La Figura 5.11 muestra la evolución de las estimas de biomasa resultado de las, hasta ahora, únicas evaluaciones de la población del voraz del Estrecho de Gibraltar.

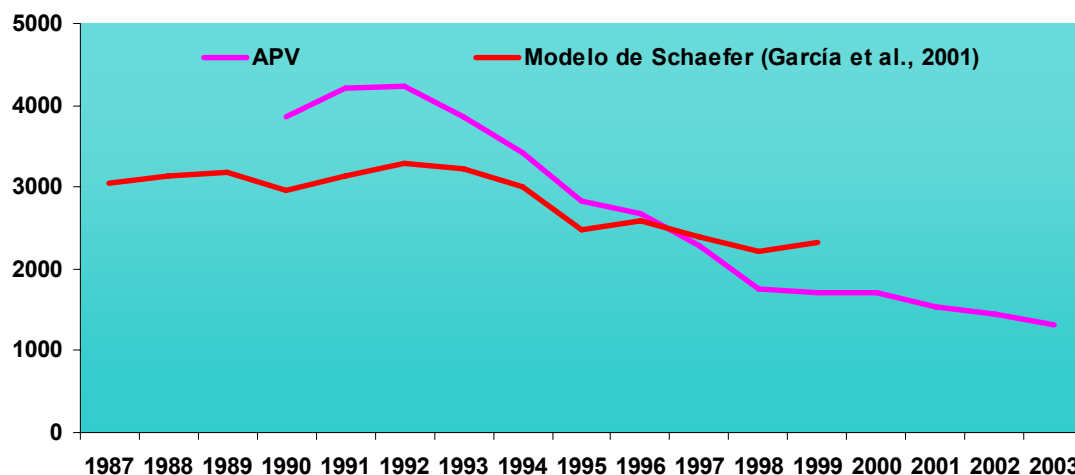


Figura 5.11. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Comparación de estimas de biomasa resultantes de APV Tradicional y Modelo de producción de Schaefer (García del Hoyo *et al.*, 2001).

Queda patente la tendencia decreciente de la biomasa, aunque las estimas cuantitativas de ésta difieren en función de la metodología utilizada: Hasta el año 1995 son superiores los valores de biomasa anuales obtenidos mediante APV. En 1996 prácticamente coinciden las estimas de biomasa presente en la mar. Sin embargo, a partir de 1997 los valores de biomasa estimada mediante el modelo de Shaefer son superiores a los de la evaluación analítica del recurso.

De cualquier manera, los resultados parecen bastante claros, en lo que se refiere a la tendencia decreciente de la abundancia del stock como consecuencia de la actividad pesquera de la flota voracera. Esta reducción de la abundancia, se traduce en distintos vectores de tasas de mortalidad pesquera sobre las diferentes clases de edad presentes en la pesquería en un contexto temporal histórico.

Sin embargo, y como ya hemos comentado en la introducción de este Capítulo, a efectos de la gestión del recurso, es necesario investigar sobre el estado actual de explotación, y de este modo, intentar definir la adecuación o no de la estrategia de pesca empleada. Una de las ventajas de las evaluaciones mediante APV es su fácil acoplamiento con los modelos de predicción a corto y largo plazo. Las proyecciones a largo plazo posibilitan examinar la posición relativa de la estrategia de pesca a la que se somete la pesquería respecto a la situación de explotación óptima del stock, asumiendo condiciones de equilibrio.

A partir de la disminución o el incremento del esfuerzo pesquero aplicable, en función del actualmente ejercido, tratamos de simular la captura total del recurso. Debemos asumir una relación directa y constante entre el esfuerzo pesquero y la mortalidad por pesca, pudiéndose de este modo, hacer referencia a uno u otro

concepto bajo la asunción de un mismo patrón de explotación, es decir, la persistencia del porcentaje de la mortalidad pesquera total que afecta a cada clase de edad presente en la pesquería.

5.3.3. Proyecciones de captura

En primer lugar, acometeremos la predicción a corto plazo. Ésta no es más que un APV Tradicional hacia delante. Es decir, se aplica una tasa de mortalidad pesquera por clase de edad a los valores de biomasa obtenidos en el último año. El problema principal estriba en que no disponemos de valores de reclutamiento, por lo que éste ha de estimarse en función de las cantidades históricas obtenidas en el APV Tradicional. Por esta causa, este tipo de predicciones no deben utilizarse a más de tres años vista, ya que las capturas auguradas son cada vez más dependientes del valor de reclutamiento escogido.

Una opción para acometer este tipo de proyecciones es utilizar un valor a partir de la media geométrica de los reclutamientos de la zona de convergencia del APV Tradicional. Para el voraz del Estrecho de Gibraltar este valor es de $1390 \cdot 10^3$ individuos (obtenido en el periodo 1990-1998). Sin embargo, como hemos visto con anterioridad, los reclutamientos del voraz parecen estar íntimamente relacionados con la cantidad de biomasa parental. Por esta razón, decidimos emplear el valor promediado de los reclutamientos de los últimos años, coincidentes con la plena implantación del Plan de Pesca de la pesquería (2001-2003), en los que los niveles de biomasa desovante son similares. Así, obtenemos un reclutamiento estimado de $440 \cdot 10^3$ ejemplares. La diferencia entre ambas cantidades es de más del doble, por lo que las predicciones realizadas en uno u otro caso, se verán considerablemente afectadas. Indiscutiblemente, nos encontramos ante una encrucijada difícil de resolver, ya que dependiendo del valor de reclutamiento adoptado la propuesta de medidas, concernientes al nivel de esfuerzo pesquero adecuado, variará considerablemente. El problema podría resolverse con la ayuda de índices independientes de reclutamiento, pero hasta el momento no disponemos de éstos, por lo que parece más prudente la utilización del valor menor por suponer un umbral mínimo de reclutas.

La Tabla V.II presenta la salida de la proyección de captura, a corto plazo, en términos de biomasa y desembarcos de la población del voraz del Estrecho de Gibraltar. Las estimas se han realizado ponderando los parámetros utilizados a los valores del último año de la serie histórica evaluada (2003).

La biomasa presente al comienzo del año 2004 es de 1290 t, correspondiendo 897 t a biomasa reproductora (SSB). Aplicando una tasa de mortalidad pesquera media ($F_{\text{BAR 4-7}}$) de 0,24 se extraerían 199 t en forma de captura.

Tabla V.II. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Proyecciones de captura a corto plazo. Reclutamiento estimado como media geométrica de los estimados por APV Tradicional para el periodo 2001-2003 ($440 \cdot 10^3$ individuos). Cálculo de los parámetros a utilizar por el programa como promedio de 2001-2003, ponderando éstos al último año.

2004						
Biomasa	SSB	FMult	FBAR4-7	Desembarcos		
1290	897	1,00	0,24	199		
2005					2006	
Biomasa	SSB	FMult	FBAR4-7	Desembarcos	Biomasa	SSB
1270	865	0,00	0,00	0	1456	1040
1270	865	0,10	0,02	21	1432	1018
1270	865	0,20	0,05	42	1409	995
1270	865	0,30	0,07	63	1386	974
1270	865	0,40	0,09	83	1364	953
1270	865	0,50	0,12	102	1342	932
1270	865	0,60	0,14	122	1321	912
1270	865	0,70	0,17	140	1301	892
1270	865	0,80	0,19	159	1280	873
1270	865	0,90	0,21	177	1261	854
1270	865	1,00	0,24	195	1241	835
1270	865	1,10	0,26	212	1222	817
1270	865	1,20	0,28	229	1204	800
1270	865	1,30	0,31	246	1185	782
1270	865	1,40	0,33	262	1168	766
1270	865	1,50	0,35	278	1150	749
1270	865	1,60	0,38	294	1133	733
1270	865	1,70	0,40	309	1116	717
1270	865	1,80	0,42	324	1100	702
1270	865	1,90	0,45	339	1084	687
1270	865	2,00	0,47	353	1069	672

Transcurrido el año intermedio (2004) con una misma intensidad pesquera ($F_{\text{Mult}}=1,00$) se iniciaría el 2005 con una biomasa de 1270 t, de las que 865 t corresponderían a los reproductores (SSB). En el caso de seguir manteniéndose estable el nivel del esfuerzo pesquero ejercido, se produciría un ligerísimo descenso de las capturas para el 2005 respecto a las previstas para el año 2004, aunque éste es más considerable, cercano al 10%, si tomamos en consideración las 212 t capturadas en el año 2003. La estabilidad en la intensidad pesquera daría como resultado una estima de 1241 t presentes al inicio del año 2006, de las que 835 t conformarían la biomasa desovante.

La Figura 5.12 ilustra gráficamente estos resultados en función del efecto de cambios en el nivel de esfuerzo pesquero sobre los desembarcos y la biomasa

desovante. La gravedad de la situación radica en la persistencia de la tendencia descendente de la biomasa desovante, con una pérdida de casi el 10% de los reproductores en el periodo transcurrido desde el 2004 hasta el inicio del 2006. Para mantener niveles de biomasa desovante similares en estos años, el nivel de esfuerzo pesquero debería reducirse en un 30%.

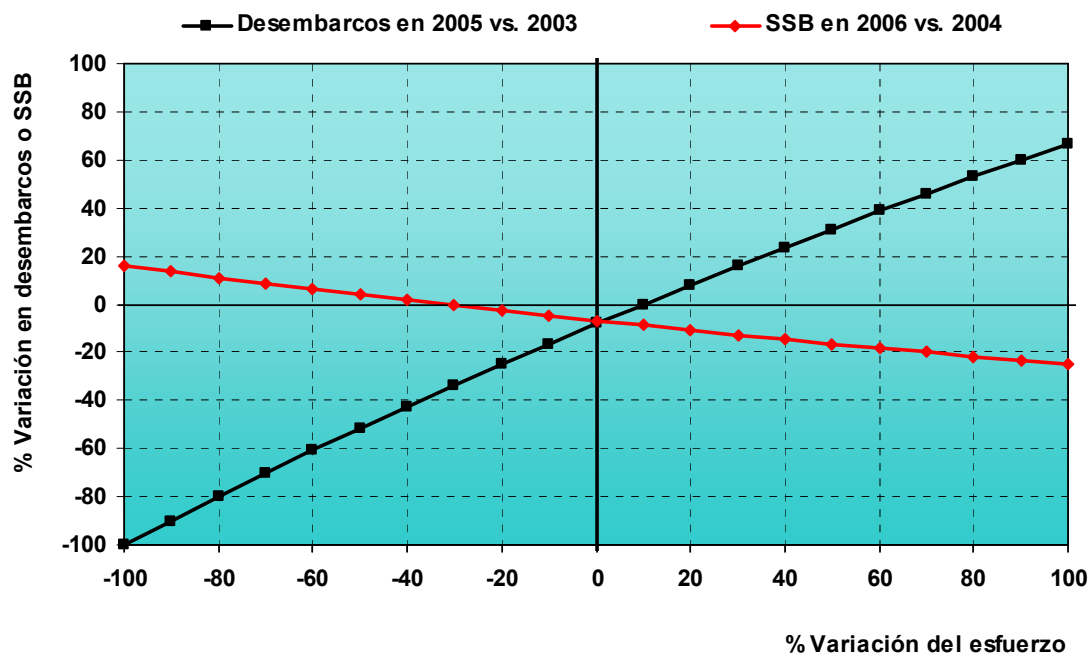


Figura 5.12. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Proyecciones de captura a corto plazo. Reclutamiento estimado como media geométrica de los estimados por APV Tradicional para el periodo 2001-2003 ($440 \cdot 10^3$ individuos). Cálculo de los parámetros a utilizar por el programa como promedio de 2001-2003, ponderando éstos al último año.

Hechas las predicciones a corto plazo, practicamos un análisis de sensibilidad, a fin de examinar la contribución de las distintas fuentes de incertidumbre sobre la varianza de las predicciones de desembarcos y biomasa desovante. Para ello, los parámetros analizados deben incorporar un coeficiente de variación (CV) calculado a tal efecto. Los datos de entrada de los análisis de sensibilidad se presentan en la Tabla V.III.

Las Figuras 5.13 y 5.14 presentan los resultados de dicho análisis. Parece normal que la estima de captura para el año 2005 (Figura 5.13) esté altamente relacionada con el efecto multiplicador sobre la F en dicho año (HF-2005), por lo que ésta será muy sensible a dicho valor. Este parámetro explicaría el 81% de la varianza de la estima de la captura en ese año. El resto de los parámetros presenta un valor similar y ninguno tiene la fuerza que presenta el efecto multiplicador de F en el año

2005. Es evidente también la relación inversa de dos parámetros sobre la captura del 2005: Éstos son el grado de intensidad pesquera del año anterior (HF-2004) y el efecto multiplicador de la tasa instantánea de mortalidad natural en el año 2004 (K-2004), respectivamente.

Tabla V.III. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Proyecciones de captura a corto plazo. Datos de entrada para el análisis de sensibilidad y perfiles de probabilidad de las estimas de captura (2005) y SSB (2006).

Abundancia edad (2004)		
Nombre	Valor	CV
N3	440	0,09
N4	320	0,20
N5	223	0,20
N6	163	0,20
N7	145	0,20
N8	199	0,20

Mortalidad natural		
Nombre	Valor	CV
M3	0,2	0,10
M4	0,2	0,10
M5	0,2	0,10
M6	0,2	0,10
M7	0,2	0,10
M8	0,2	0,10

Peso medio por edad (captura)		
Nombre	Valor	CV
WH3	0,487	0,03
WH4	0,558	0,03
WH5	0,714	0,02
WH6	1,081	0,03
WH7	1,400	0,01
WH8	1,783	0,01

Peso medio por edad (stock)		
Nombre	Valor	CV
WS3	0,487	0,03
WS4	0,558	0,03
WS5	0,714	0,02
WS6	1,081	0,03
WS7	1,400	0,01
WS8	1,783	0,01

Ojiva de madurez		
Nombre	Valor	CV
MT3	0,00	0,00
MT4	0,00	0,10
MT5	1,00	0,10
MT6	1,00	0,00
MT7	1,00	0,00
MT8	1,00	0,00

Patrón de explotación		
Nombre	Valor	CV
sH3	0,049	0,09
sH4	0,228	0,05
sH5	0,290	0,05
sH6	0,241	0,10
sH7	0,184	0,01
sH8	0,184	0,01

Factor multiplicador de F		
Nombre	Valor	CV
HF-2004	1,00	0,19
HF-2005	1,00	0,19
HF-2006	1,00	0,19

Factor multiplicador de M		
Nombre	Valor	CV
K-2004	1,00	0,10
K-2005	1,00	0,10
K-2006	1,00	0,10

Reclutamiento		
Nombre	Valor	CV
R2005	440	0,09
R2006	440	0,09

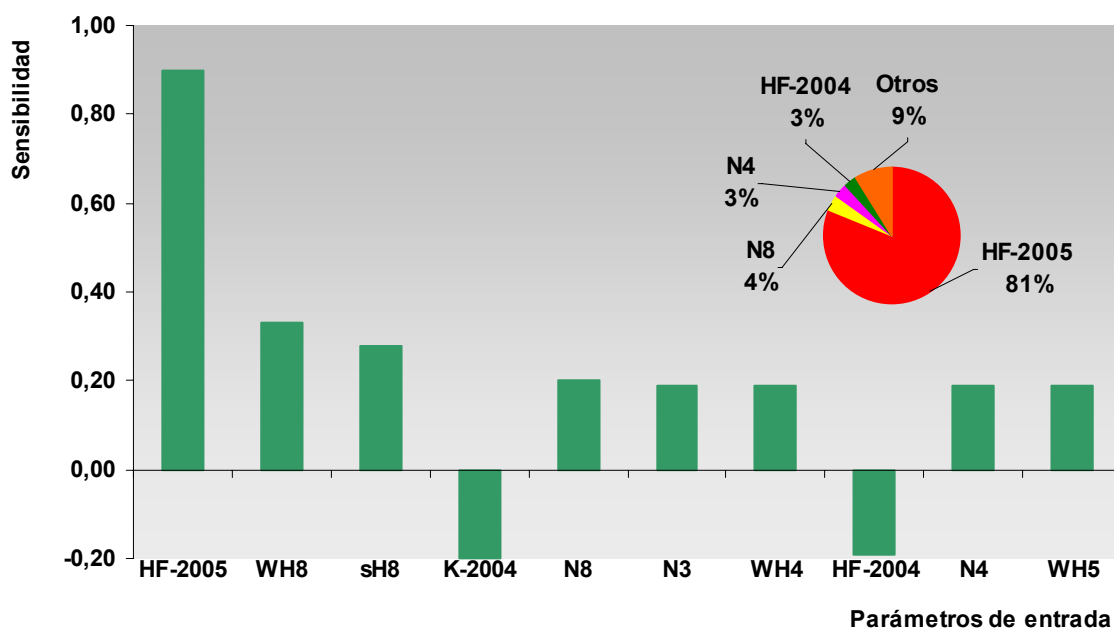


Figura 5.13. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Proyecciones de captura a corto plazo. Análisis de sensibilidad de la estima de rendimiento para consumo humano para el año 2005 respecto a los parámetros de entrada.

HF-2005: Efecto multiplicador de F (F_{Mult}) en el año 2005; **WH8:** Peso medio de la captura de la edad 8 en el año 2004; **sH8:** F de la edad 8 en el año 2004; **K-2004:** Efecto multiplicador de M en el año 2004; **N8:** Abundancia de la clase de edad 8 en el año 2004; **N3:** Abundancia de la clase de edad 3 en el año 2004; **WH4:** Peso medio de la captura de la edad 4 en el año 2004; **HF-2004:** Efecto multiplicador de F (F_{Mult}) en el año 2004; **N4:** Abundancia de la clase de edad 4 en el año 2004; **WH5:** Peso medio de la captura de la edad 4 en el año 2005.

Respecto a la estima de biomasa desovante en el año 2006 (Figura 5.14), parece evidente la importancia de la clase de edad 8, ya que, tanto el peso medio en la captura, como la proporción de individuos maduros de esa edad, presentan mucha fuerza en el análisis de sensibilidad de la estima de la SSB para el año 2006. Del mismo modo que en el caso de la estima del rendimiento, los efectos multiplicadores sobre las tasas instantáneas de mortalidad (F y M) tienen una relación inversa con la SSB estimada. Mayor intensidad de estos parámetros conllevaría una obvia reducción de la SSB por causas naturales y pesqueras. Respecto a la variabilidad de la estimación, ésta debería explicarse en virtud del efecto multiplicador de la tasa instantánea de mortalidad pesquera en los años previos (HF-2005 y HF-2004): 26% y 20%, respectivamente y las abundancias de las clases de edad (N8, N4 y N6) en 2004 que, transcurridos dos años, pasarían a constituir parte de la SSB al inicio del 2006.

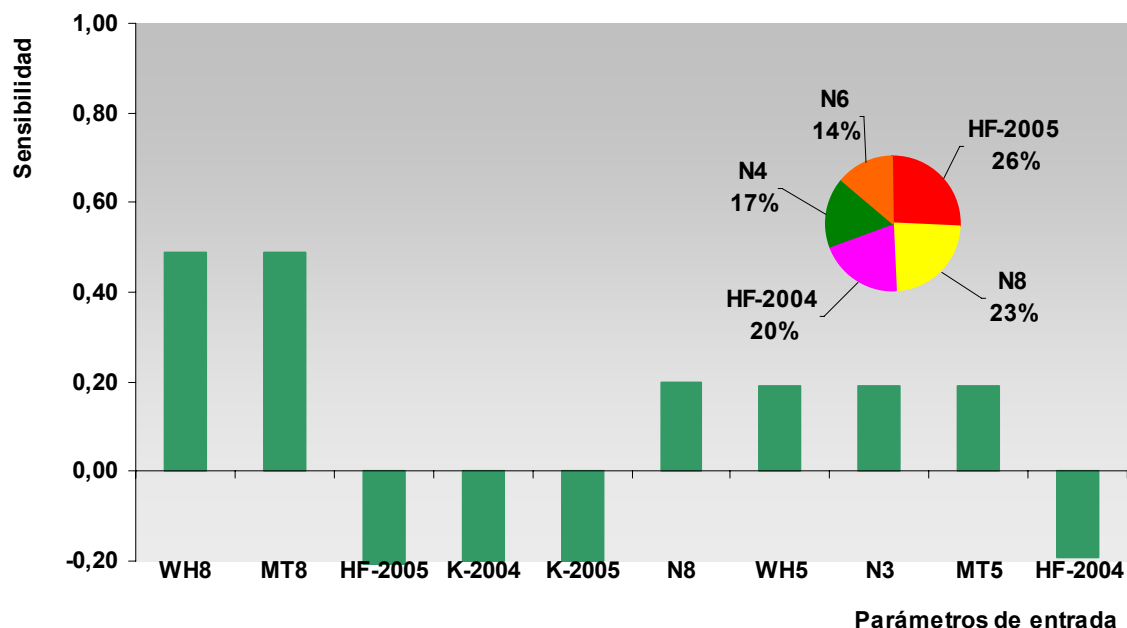


Figura 5.14. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Proyecciones de captura a corto plazo. Análisis de sensibilidad de la estima de biomasa desovante para el año 2006 respecto a los parámetros de entrada.

WH8: Peso medio de la captura de la edad 8 en el año 2004; **MT8:** Porcentaje de individuos maduros de la clase de edad 8; **HF-2005:** Efecto multiplicador de F (F_{Mult}) en el año 2005; **K-2004:** Efecto multiplicador de M en el año 2004; **K-2005:** Efecto multiplicador de M en el año 2005; **N8:** Abundancia de la clase de edad 8 en el año 2004; **WH5:** Peso medio de la captura de la edad 5 en el año 2004; **N3:** Abundancia de la clase de edad 3 en el año 2004; **MT5:** Porcentaje de individuos maduros de la clase de edad 5; **HF-2004:** Efecto multiplicador de F (F_{Mult}) en el año 2004.

Las Figuras 5.15 y 5.16 muestran los perfiles de probabilidad de las estimaciones de captura (2005) y biomasa desovante (2006). En el caso del perfil del rendimiento esperado (Figura 5.15) la probabilidad al 50% de la captura esperada en situación de *status quo*, es prácticamente equivalente a la estimada en la predicción a corto plazo (195 t). El intervalo de confianza al 90% presenta unos valores aproximados entre 150 t – 240 t. Sin embargo, parece que de obtenerse capturas superiores a las 190 t nos encontraríamos, con una probabilidad superior al 50%, por encima de la F *status quo* (F_{SQ}).

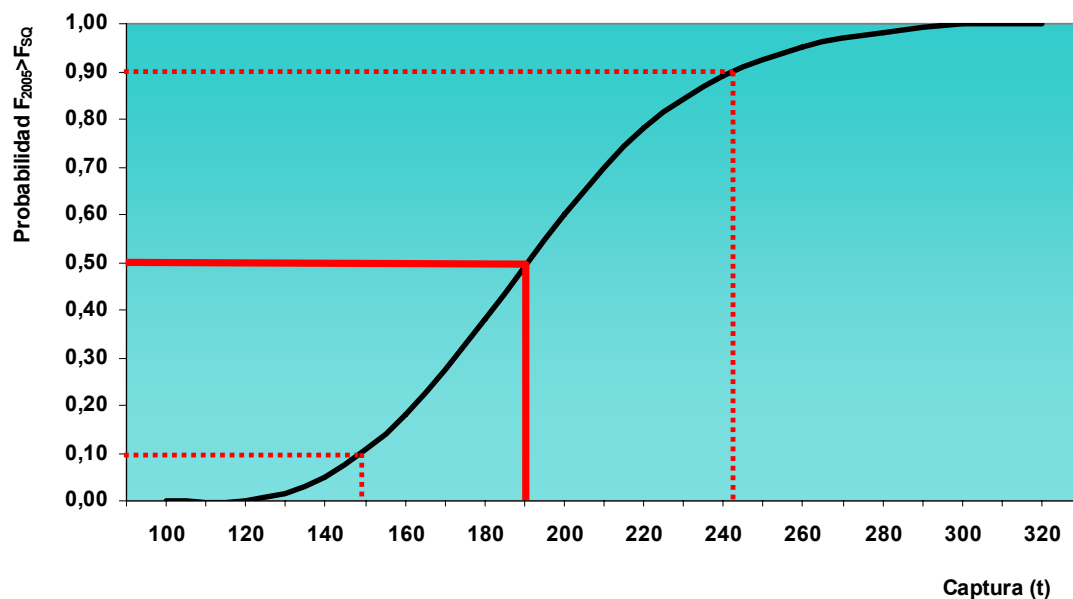


Figura 5.15. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Proyecciones de captura a corto plazo. Perfiles de probabilidad del rendimiento para consumo humano en el año 2005.

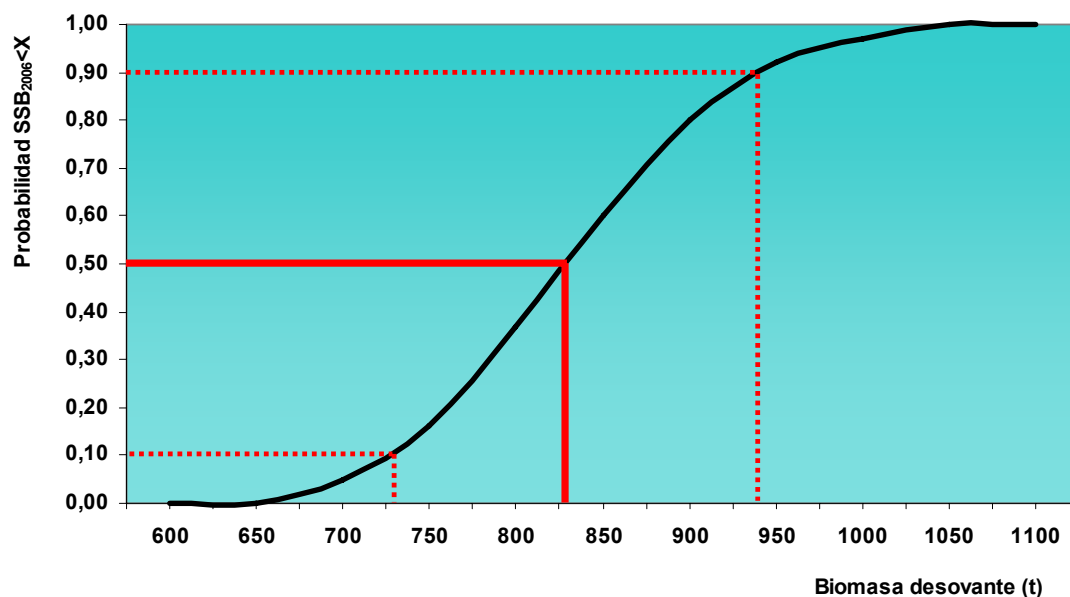


Figura 5.16. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Proyecciones de captura a corto plazo. Perfiles de probabilidad de la biomasa desovante en el año 2006.

Respecto al perfil de la biomasa desovante (Figura 5.16), también la probabilidad al 50% presenta valores muy cercanos (850 t) a los estimados en la predicción a corto plazo (835 t). El intervalo de confianza al 90% presenta unos valores aproximados entre 725 t – 950 t. Por otra parte, debemos resaltar que aún manteniendo la misma intensidad pesquera, situación de *F status quo*, la probabilidad de que la SSB en el año 2006 se encuentre por debajo de la mínima observada en el año 1998 ($B_{LOSS} = 814$ t) es sólo ligeramente inferior al 40%.

Otra posibilidad es la utilización de modelos predictivos a largo plazo, o de Rendimiento por Recluta (Y/R), como el propuesto por Beverton y Holt en 1957. Éste, al asumir condiciones de equilibrio nos da idea del estado de explotación de la pesquería, ya que en lugar de estimar la captura en peso calcula un valor proporcional (la captura en peso por recluta) para comparar ganancias o pérdidas relativas de la captura en peso en equilibrio provocada por un cambio en la estrategia de pesca (Pereiro, 1982). El modelo deduce la producción en función del paso de uno, o cien reclutas, por la fase explotada. De este modo, y bajo las estrictas asunciones de este modelo, los valores de producción por recluta permanecen proporcionales independientemente del valor del nivel de reclutamiento asumido, por lo que, la forma de la curva obtenida no se modifica, pudiéndose prescindir de los valores de reclutamiento y los problemas que éstos conllevan.

Pueden realizarse diferentes ensayos del modelo, en virtud de los criterios usados para la definición del patrón de explotación actual. Para este caso, se definió el vector actual de la tasa de mortalidad pesquera (*F state vector*) como promedio de los 3 últimos años escalando al último año, de igual modo que en la proyecciones a corto plazo.

La Figura 5.17 presenta la curva de rendimiento por recluta (Y/R) y biomasa desovante por recluta (SSB/R) obtenida en función de la variación del esfuerzo pesquero y por tanto, de la tasa instantánea de mortalidad por pesca (*F*).

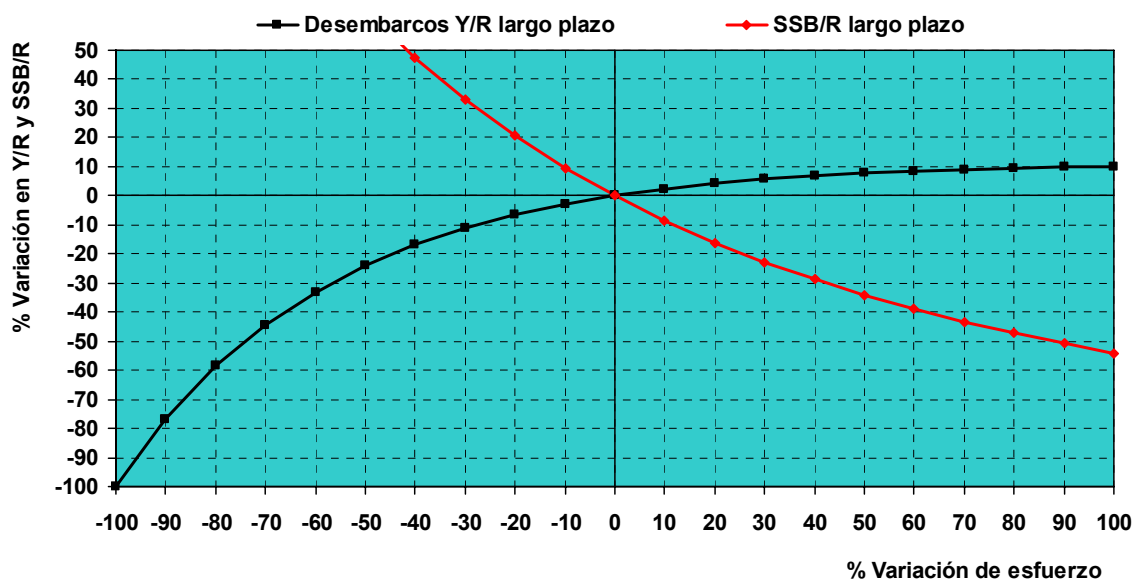


Figura 5.17. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Curvas de Rendimiento por recluta (Y/R) y biomasa desovante por recluta (SSB/R).

Respecto a la curva de producción por recluta, se observa que ésta aumenta paulatinamente a medida que lo hace la tasa de mortalidad por pesca, hasta llegar a un máximo que se extiende casi indefinidamente a lo largo del eje de abscisas. En este tipo de curvas, conocidas como *flat top*, es muy arriesgado situar el punto de rendimiento máximo sostenible (RMS). El valor del RMS correspondería a un valor de mortalidad pesquera $F_{MAX}=0,53$ superior al de la tasa de mortalidad pesquera $F_{BAR\ 4-7}=0,24$ a la que actualmente está sometida la pesquería. Es decir, estaríamos en una situación de subexplotación. No obstante, conviene recalcar que en la actualidad F_{MAX} está considerado como un punto de referencia límite y no un punto de referencia objetivo de gestión. De hecho, si consideramos como referencia una elección más prudente de la tasa de mortalidad pesquera como es $F_{0.1}$, estaremos ante una situación de plena explotación del recurso, ya que el valor de éste coincide con el de $F_{BAR\ 4-7}$.

A modo de ejemplo, un aumento del 20% sobre el nivel de esfuerzo actual conllevaría un mínimo, por no decir insignificante (aproximadamente el 5%), incremento de la producción por recluta (Y/R). Sin embargo, ese mismo incremento del nivel de esfuerzo pesquero desembocaría en una reducción de casi el 20% de la producción de biomasa desovante por recluta (SSB/R), con el consiguiente riesgo para la biomasa reproductora.

Contrariamente, si disminuimos el nivel del esfuerzo pesquero actual también en un 20%, obtenemos un rendimiento por recluta algo inferior acompañado de un incremento significativo, superior al 20% de la producción de biomasa desovante por recluta. Parece evidente que con el tipo de curva de producción ante la que nos encontramos, habría que abogar siempre por una fijación y, a ser posible, una reducción del esfuerzo en aras de una sostenibilidad del recurso, tratando de preservar la biomasa reproductora y los futuros reclutamientos.

5.3.4. Puntos de referencia

Los frutos de la ordenación pesquera son, demasiado a menudo, complejos y difíciles de cuantificar, haciéndose necesario el establecimiento de objetivos operacionales que sirvan de guía para el proceso de toma de decisiones. Al objeto de proporcionar indicadores del estado de cada stock (en relación a su potencial a largo plazo y nivel de explotación), las Instituciones y Organismos dedicados al asesoramiento científico de las pesquerías (ACFM del ICES, Consejo Científico de

NAFO, etc.) han establecido estos objetivos operacionales en base a los denominados puntos de referencia.

Los puntos de referencia comienzan como un criterio conceptual que, de una manera general, recogen los objetivos de la ordenación de la pesquería. Para implementar la ordenación pesquera, debe ser posible convertir el punto de referencia conceptual en un punto de referencia técnico, que pueda ser calculado o cuantificado sobre la base de las características biológicas o económicas de la pesquería. Éste debe ser definido como un valor convencional, derivado del análisis técnico, que representa el estado de la pesquería o de la población y cuyas características se cree que puedan ser útiles para la ordenación de la unidad poblacional.

Se reconocen dos tipos de puntos de referencia: Puntos de Referencia Objetivos (PROs) y Puntos de Referencia Límites (PRLs). Una ordenación efectiva requerirá un «conjunto de reglas» que comprendan, tanto PROs, como PRLs. La interrelación entre la mortalidad por pesca (F), la biomasa de la población (B) y rendimiento, proporciona la base para la discusión de la mayoría de los puntos de referencia. De esta manera, F y B son las variables básicas de referencia.

En la actualidad, el ACFM del ICES, en su papel de organismo asesor de la Unión Europea, no establece puntos de referencia objetivo, ya que su principal preocupación es evitar la aparición de fenómenos indeseables en los stocks explotados (V. Trujillo, *com. pers.*).

La Tabla V.IV muestra los valores determinísticos de distintos puntos de referencia estimados para la pesquería del voraz del Estrecho de Gibraltar, además del valor de la mediana, estimado de manera aleatoria mediante un proceso reiterativo o de *bootstrap* de 1000 iteraciones.

La Figura 5.18 presenta gráficamente la situación de estos puntos de referencia de uso frecuente (F_{MAX} , $F_{0.1}$, F_{LOW} , F_{MED} , F_{HIGH} , $F_{35\%SPR}$ y F_{LOSS}) respecto a la tasa de mortalidad pesquera media, $F_{BAR\ 4-7}$, a la que está sometida actualmente la pesquería que nos ocupa.

Excepto el caso de F_{MAX} , explicable por el tipo de curva que adopta el modelo de rendimiento por recluta, el resto de los puntos presentan poca variabilidad, concentrándose los valores estimados estocásticamente alrededor de la mediana.

Tabla V.IV. Voraz de Estrecho de Gibraltar: Valores de los puntos de referencia estimados (determinista y estocásticamente).

	Determinístico	Estocástico (mediana)
$F_{\text{BAR 4-7}}$	0,24	0,24
F_{MAX}	0,53	0,52
$F_{0.1}$	0,24	0,23
F_{LOW}	0,15	0,19
F_{MED}	0,18	0,28
F_{HIGH}	0,24	0,39
$F_{35\% \text{SPR}} (\approx F_{\text{LIM}})$	0,22	0,22
F_{LOSS}	0,24	0,35
$B_{\text{LOSS}} (\approx B_{\text{LIM}})$	814	

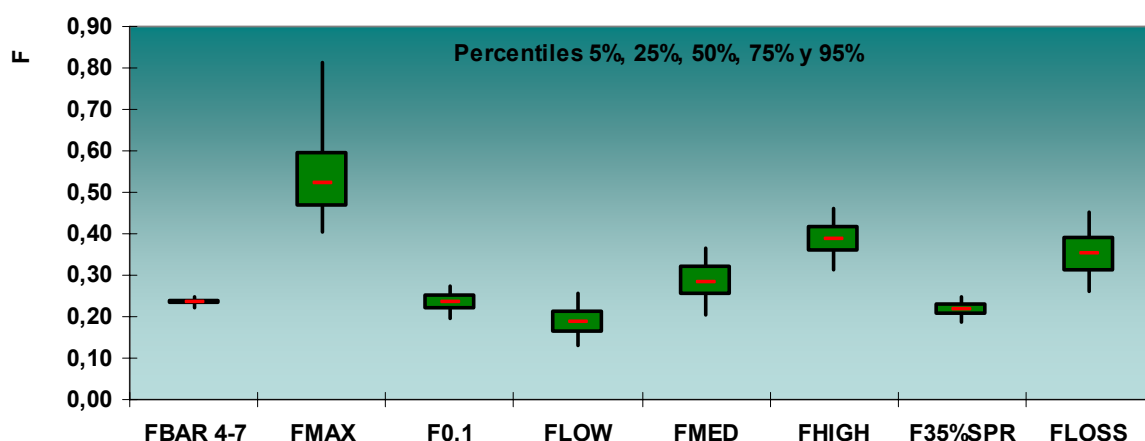


Figura 5.18. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Puntos de referencia estimados a partir de los resultados del APV.

La elección de puntos de referencia como F_{LOW} , F_{MED} y F_{HIGH} parece menos vulnerable a las consecuencias de asumir valores incorrectos de M (tasa instantánea de mortalidad natural) que niveles de F_{MAX} y $F_{0.1}$. De hecho, F_{LOW} es considerado el nivel de intensidad pesquera probablemente sostenible que puede facilitar el crecimiento del tamaño del stock cuando éste se encuentre a niveles bajos, como es nuestro caso.

Según este criterio, en ningún caso conviene incrementar la intensidad pesquera. Es más, la disminución de la ejercida actualmente (ligeramente por encima de F_{LOW} y $F_{0.1}$) debería beneficiar el incremento de la biomasa del voraz del Estrecho de Gibraltar.

De cualquier manera, al objeto de reducir el riesgo de que la biomasa reproductora (SSB) caiga por debajo de determinado umbral, puede establecerse el límite superior de explotación de un determinado stock. La mínima biomasa reproductora se denomina B_{LIM} (Punto de referencia límite de biomasa) y, en base a la serie histórica, su valor puede ser seleccionado a fin de elegir aquel que evite efectos perjudiciales en futuros reclutamientos.

Si la información sobre la relación entre los niveles de SSB y los consiguientes reclutamientos no está clara o disponible, entonces el valor de B_{LIM} corresponderá con el más bajo de la serie histórica de biomasa reproductora estimada (B_{LOSS}). De este modo, tratamos de minimizar el riesgo de que un stock entre en una zona en la que su dinámica nos es desconocida al reflejar, en términos relativos, la peor situación histórica de las estimas obtenidas. Por debajo del nivel de B_{LIM} subyace un alto riesgo de colapso del stock. Debemos resaltar que por colapso, entendemos que el recurso ha alcanzado un nivel tal que su capacidad reproductiva está severamente reducida. De hecho, colapso no significa en términos biológicos que el stock tenga un alto riesgo de extinguirse, pero sí que la probabilidad de que su recuperación hacia una situación sostenible será baja y en gran medida, dependerá de la eficacia de las medidas de conservación adoptadas.

En el caso de la pesquería del voraz del Estrecho de Gibraltar, el valor de la biomasa límite debe entonces establecerse en las 814 t, que constituyen el valor más bajo de SSB fruto de la evaluación por APV. La biomasa reproductora estimada al inicio del año 2003 es de 929 t, próxima al valor definido como límite.

Del mismo modo, la tasa instantánea de mortalidad pesquera (F) no debería superar un determinado nivel límite (F_{LIM}), ya que mantener esos niveles de mortalidad pesquera conduciría al stock hacia niveles límite de biomasa. En las curvas de producción de biomasa desovante por recluta podemos definir el nivel de mortalidad pesquera, $F_{35\%SPR}$, que proporciona la biomasa desovante correspondiente al 35% del obtenido con una mortalidad pesquera igual a cero (SSB virgen). Para especies de profundidad, como el voraz, dicho valor se adopta como F_{LIM} (ICES, 2006). Así la tasa instantánea de mortalidad pesquera media del último año de la serie ($F_{BAR4-7}=0,24$) es ligeramente superior a la considerada límite ($F_{LIM}=0,22$).

Inherente al trabajo científico, las estimas de la biomasa reproductora y la mortalidad pesquera llevan asociada una incertidumbre. Por este motivo, desde el

punto de vista operativo, este hecho debe ser también tenido en cuenta en todo lo referente a los puntos de referencia.

Con el objeto de evitar que la SSB caiga por debajo de B_{LIM} , considerando el nivel de incertidumbre asociado a ésta, debe reubicarse su valor en un nivel superior, por lo que puede establecerse una zona tampón mediante un punto de referencia de precaución denominado, en este caso, biomasa reproductora precautoria (B_{PA}). De esta forma, tratamos de asegurar la probabilidad de que por encima de B_{PA} la biomasa reproductora verdadera está también por encima de B_{LIM} . Como el enfoque de precaución (*Precautionary Approach*: PA) es un mecanismo para gestionar los riesgos, la distancia entre los puntos de referencia límites y de precaución no es fija y puede variar en función de la incertidumbre de la evaluación y la cantidad de riesgo que estemos dispuestos a asumir. En el caso de la pesquería del voraz, al disponer de valores absolutos de biomasa, utilizamos la fórmula general propuesta por el ICES en 1998 que introduce una variabilidad, en forma de coeficiente de variación, al nivel estimado de B_{LIM} . En nuestro caso, el valor definido como B_{PA} es de 1131 t.

De forma equivalente, teniendo en cuenta la incertidumbre asociada y en virtud del enfoque de precaución, puede escogerse un valor para la mortalidad pesquera precautoria (F_{PA}) que permita tener una alta probabilidad de que la mortalidad pesquera verdadera esté por debajo de F_{LIM} . En el caso de las pesquerías de profundidad, dicho valor se corresponde con la tasa instantánea de mortalidad natural M (ICES, 2006), en nuestro caso 0,2.

La Figura 5.19 refleja la evolución de la biomasa reproductora y la mortalidad pesquera media respecto a los valores límites y de precaución adoptados. Los puntos de referencia de precaución no deben ser tratados como objetivos para la gestión, sino como límite inferior en cuanto a la biomasa reproductora y superior en lo referente a la mortalidad pesquera. Según este criterio, una buena gestión debería esforzarse por mantener la SSB por encima del B_{PA} mediante una tasa de mortalidad pesquera muy por debajo del F_{PA} . Sin embargo, los recursos pesqueros pueden agotarse debido a una reducción de los reclutamientos, incluso cuando el nivel de mortalidad pesquera se mantiene con éxito en valores iguales o por debajo de F_{PA} , y los esfuerzos por restringir la pesquería, al seguir reduciéndose la biomasa, pueden resultar más que insatisfactorios. Debido a esto, es deseable que, además de las restricciones sobre la mortalidad pesquera, se establezca un límite de biomasa para prevenir el declive del stock hacia valores donde los reclutamientos esperados sean bajos y/o desconocidos.

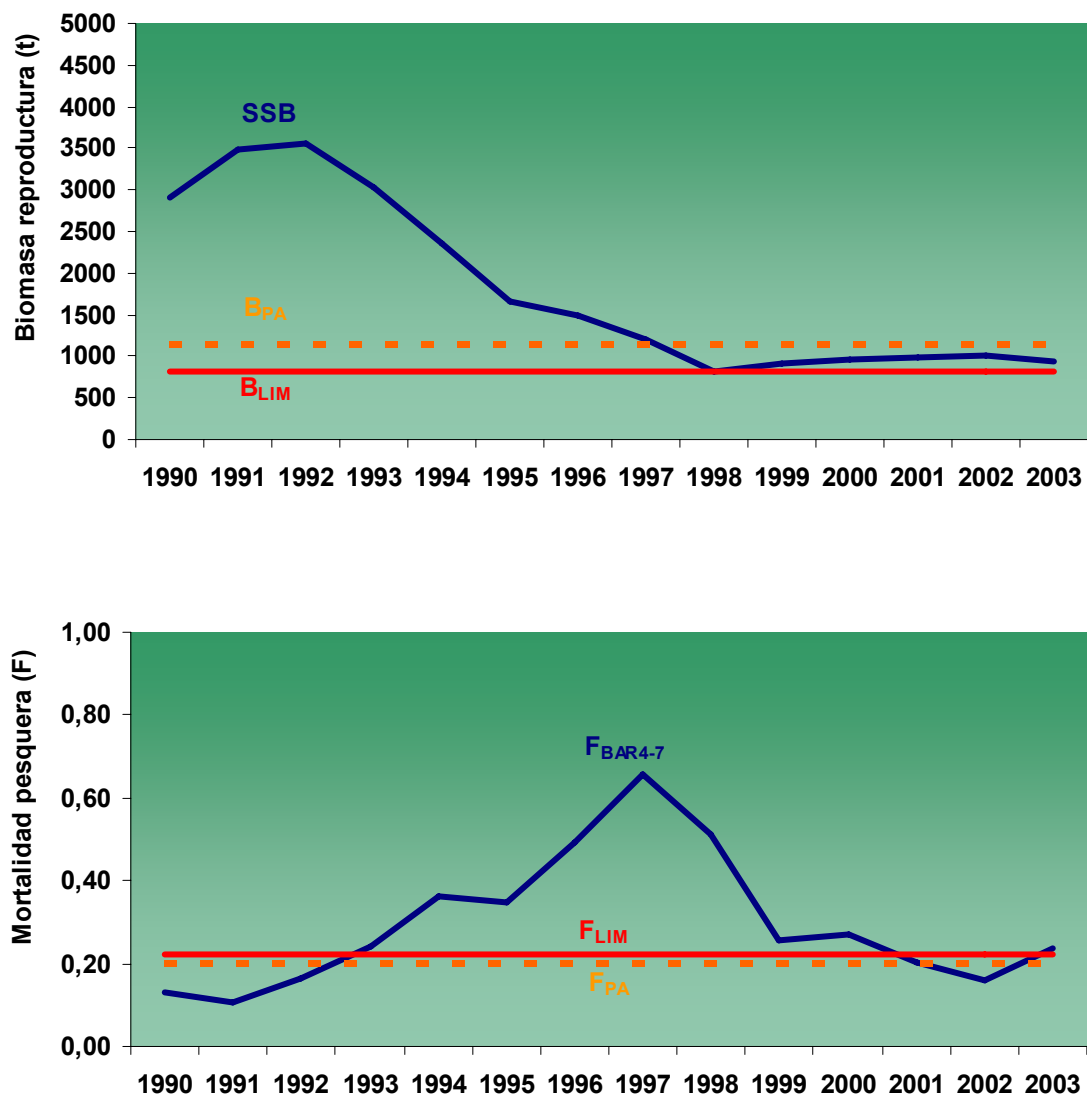


Figura 5.19. Voraz del Estrecho de Gibraltar: Situación histórica de SSB y F_{BAR4-7} respecto a los puntos de referencia límites (B_{LIM} y F_{LIM}) y precautorios (B_{PA} y F_{PA}).

Los resultados de la evaluación acometida para el caso del voraz del Estrecho de Gibraltar, reflejan que la biomasa reproductora está por debajo del B_{PA} . En estos casos, el ICES clasifica al stock como «fuera de los límites biológicos de seguridad» o «en riesgo de una reducida capacidad reproductiva», sin tener en cuenta el nivel de la tasa instantánea de mortalidad pesquera. Por otro lado, en lo concerniente a la mortalidad pesquera, al ser ésta mayor que F_{LIM} podría definirse el estado del stock como «explotado de forma no sostenible».

En estas situaciones es aconsejable el incremento de la biomasa reproductora por encima del B_{PA} , que puede implicar una reducción más que considerable de las tasas de mortalidad pesquera por debajo de F_{PA} . Si la biomasa reproductora de precaución no se alcanza a corto plazo, debe recomendarse el desarrollo de un plan de recuperación con medidas específicas, encaminadas al incremento de la biomasa por encima de B_{PA} en una escala temporal adecuada coherente con las características biológicas del stock a recuperar. A este respecto, el ICES WGDEEP recomienda que las medidas de control de la producción pesquera (HRC: *Harvest Control Rules*) de poblaciones de especies de profundidad se deben contemplar de manera multianual, ya que el tiempo de recuperación de estos stocks debe ser mayor que un año. A largo plazo, dichas medidas deben elaborarse a partir de unas nuevas y actualizadas estimas de los puntos de referencia de la manera que hemos descrito. Además, éstas deberían contener, en la medida de lo posible, cuestiones medioambientales de una manera cuantitativa (ICES, 2006).

Es evidente la ausencia de un enfoque o aproximación al ecosistema en la presente Memoria, pero antes de que ésta pueda ser implementada es necesario definir los propios ecosistemas. La identificación de los ecosistemas marinos para el asesoramiento sobre su gestión, debe basarse en su coherencia oceanográfica y biológica, pero a la vez ha de ser práctica. El enfoque es claramente pluri e interdisciplinar, y en los años venideros esperamos lograr adquirir y gestionar la información bajo este enfoque del ecosistema, en aras de una evaluación del medio marino más adecuada.

Para acabar, debemos resaltar que la sobreexplotación de los recursos pesqueros, sumada a la sobrecapitalización de las pesquerías, ha motivado la utilización creciente de herramientas económicas para su estudio. La administración pesquera actual requiere un análisis integral, no sólo de los factores biológicos y ecológicos que determinan la dinámica de un stock, sino también de los agentes económicos involucrados en la actividad pesquera (Barber y Taylor, 1990). En la ordenación pesquera existe una tendencia reciente a la inclusión de todos los usuarios en el proceso de ordenación, englobados bajo el termino inglés *stakeholders*. Éstos son los pescadores, la industria pesquera, todos aquellos cuya vida depende de la actividad pesquera y también, aquellas personas u organizaciones interesadas en la conservación de los hábitats y los recursos pesqueros. En este contexto, la idea es tener en cuenta a todos los actores que participan en esta «película», protagonizada por el recurso explotado mediante, su presencia y participación, tanto

en el proceso de evaluación, como en el de decisión de las medidas de gestión adoptadas.

Norse en 1993 señaló que los que toman las decisiones necesitan tener opciones que permitan la sostenibilidad, así como las recompensas por seleccionarla. En muchas instancias, esta directriz se extiende hasta el punto de descansar en los propios usuarios la responsabilidad de la ordenación: Ordenación basada en la comunidad. El éxito de dicha ordenación requiere que, por un lado, los procesos de evaluación de pesquerías y por otro, el de asesoramiento para la ordenación, se interpreten de manera inteligible para los usuarios no técnicos. Así, éstos podrían participar de una manera más significativa en el proceso de adopción de decisiones. Creemos que el mejor camino para la observancia de las medidas de ordenación a adoptar es que el sector extractivo, en especial, entienda y comparta que éstas repercuten en su propio beneficio futuro, e incluso presente.

5.4. CONCLUSIONES

El concepto de inagotabilidad de los recursos pesqueros ha cambiado mucho en las últimas décadas. La pesca es un recurso autorrenovable, pero esta característica puede verse seriamente condicionada cuando distintos factores pueden alterar la ecología de poblaciones marinas, de tal manera que pueden poner en peligro la propia sostenibilidad del recurso. Uno de estos factores es la actividad pesquera que a un cierto nivel puede dañar la capacidad de renovación del stock explotado. Así, la mortalidad pesquera a la que sometemos el recurso se convierte en un elemento «vital» para la salud de éste. El resultado de situaciones de sobrepesca es la obtención de una captura inferior a la que podría lograrse con una intensidad y forma de explotación racional. Por otro lado, la actividad pesquera es el único de los factores condicionantes que, hasta cierto punto, podemos controlar.

La evaluación del recurso, tanto mediante modelos de producción excedente (García del Hoyo *et al.*, 2001), como por medio de APV, en la presente Memoria, refleja un descenso continuo desde 1992 en la abundancia de la biomasa de *Pagellus bogaraveo* en el Estrecho de Gibraltar. Dicho declive parece resultado del aumento de la intensidad pesquera. Sin embargo, debemos tener en cuenta varias cuestiones:

- El grado de incertidumbre inherente a la evaluación de cualquier recurso natural. Por otra parte, los recursos pesqueros presentan además una peculiaridad que hace su gestión particularmente complicada: Son recursos no visibles y a menudo difícilmente accesibles. Por ello, la capacidad de la comunidad científica es también limitada a la hora de estimar su abundancia, quedando ésta inevitablemente sujeta a un amplio margen de incertidumbre al interpretar y evaluar información parcial y demasiado a menudo, incompleta.
- Los modelos de evaluación de pesquerías (de producción y analíticos) se utilizan con relativo éxito en la ordenación de éstas, pero constituyen tan sólo una aproximación de lo que realmente ocurre en la naturaleza. La primera inadecuación de estos modelos es biológica: Aunque una pesquería sea monoespecífica, la biomasa del recurso no depende exclusivamente de la propia especie explotada, sino que también está relacionada con la de otras especies que conviven en el mismo hábitat, estableciéndose relaciones como la competencia y la depredación, entre otras. Estas interrelaciones no son tenidas en cuenta, así como, tampoco se consideran las condiciones ambientales. Según Hilborn (1979) es erróneo asumir que un nivel dado de esfuerzo de pesca/mortalidad permita

mantener indefinidamente cierta producción excedente sin tomar en consideración los factores ambientales. En la actualidad siguen realizándose estudios de las interrelaciones ecológicas de diversas especies comerciales en diferentes partes del mundo. Los estudios contemplan, tanto las relaciones entre ellas, como con el medio ambiente físico. La experiencia de combinar evaluaciones de especies individuales muestra que, probablemente, la suma de los rendimientos máximos sostenibles (RMS) de cada especie, teóricamente excede el potencial del sistema en su conjunto. De esta forma, se propicia la sobreexplotación de dichas comunidades pluriespecíficas haciendo recomendaciones basadas en los RMS individuales de cada especie (Caddy y Sharp, 1988). Este hecho tiene ya un importante impacto sobre la forma de evaluar y administrar los recursos marinos en el futuro. Sin embargo, hasta la fecha, a pesar del creciente interés suscitado por el tema (Pauly y Murphy, 1982; May, 1984) todavía no se cuenta con una teoría aplicable, ya que si bien las interacciones entre especies se conocen bien, no pueden ser cuantificadas en todos los casos y mucho menos se pueden hacer predicciones. En estas circunstancias, son imprescindibles buenas dosis de sentido común apoyado en una perspectiva ecológica por todas las partes implicadas en la gestión de las pesquerías.

- También debemos mencionar las estrictas asunciones de las que parten las diferentes técnicas de evaluación. En el caso de la evaluación por APV del voraz del Estrecho de Gibraltar, hemos de tener en cuenta las siguientes consideraciones a la hora de interpretar los resultados obtenidos:

I. En primer lugar, la presunción de unidad de stock. A pesar de la aparente situación de *quasi* aislamiento de la población adulta, ésta tendría que contrastarse mediante metodologías *ad hoc*. Deberían continuar las recientes experiencias de marcado-recaptura de adultos e iniciarse otro tipo de estudios que contrasten muestras procedentes de diferentes áreas de distribución de la especie objetivo: Mediterráneo, Estrecho de Gibraltar, Azores y Cantábrico.

II. El control del total de capturas al que se somete el stock y la correcta asignación de éstas por clases de edad, es un requisito imprescindible de la metodología del APV. Para el desarrollo de esta Memoria no se han tenido en cuenta las capturas de la flota marroquí y tampoco los recientes desembarcos de la flota de Conil de la Frontera (Cádiz) procedentes de aguas próximas al Banco Majuán, desde el año 2002. En el caso de la flota

de Conil, las capturas rondan las 30 t anuales por lo que no debería variar significativamente el resultado de la evaluación.

El problema de la asignación de edades ya ha quedado expuesto, por lo que se hace necesario profundizar en los estudios de crecimiento de la especie y en la determinación precisa del peso medio para cada grupo de edad, en este trabajo asumida constante, que puede variar de año en año.

III. La metodología requiere de la asunción de unos valores de mortalidad por pesca a los que esta técnica puede ser muy sensible, introduciendo importantes diferencias en los años más recientes. Debido a la propiedad de convergencia, cuanto más atrás se lleve el análisis en el tiempo más tienden los valores de F a acercarse a sus verdaderos, independientemente de las F iniciales adoptadas. La elección de las F_t de entrada del APV Tradicional, procedentes del APV Separable, dependen muy directamente de la medida del esfuerzo pesquero utilizada. Por ello debe tenerse en cuenta la idoneidad o no de la unidad de medida de esfuerzo seleccionada, número de ventas como aproximación al esfuerzo efectivo de pesca, al aumentar el esfuerzo perdido no registrado en los últimos años de la serie histórica.

IV. Y por último, el valor de mortalidad natural adoptado. En casi ninguna población existen estimas fiables de este parámetro y la presunción de su valor constante para todas las edades de la población y en todos los años de análisis no parece demasiado «natural».

Por todo lo anteriormente expuesto, los resultados de este Capítulo han de interpretarse con mucha precaución aunque, y a pesar de su carácter preliminar, hasta el momento constituyen el primer y único intento de evaluación analítica de la pesquería. En realidad estamos evaluando datos, capturas disponibles por clase de edad, y no pesquerías *per se*. Sin embargo, la similitud de las tendencias observadas en los análisis realizados reduce, en cierta medida, la incertidumbre sobre el conocimiento «real» del estado de explotación de la pesquería del voraz del Estrecho de Gibraltar. Además, éstos coinciden, a su vez, con la percepción explícita de la pesquería por parte del sector extractivo.

De cualquier modo, los objetivos a largo plazo de una gestión pesquera óptima deben tener en cuenta la investigación científico-pesquera, la dinámica de las poblaciones explotadas y la biología de la especie, además de posibles alteraciones climáticas y del entorno que también pueden afectar al recurso explotado. Si algo hemos

aprendido del desempeño histórico de la ordenación pesquera es que, resulta más importante que la base para la acción sea clara e irrefutable, que pretender que sea precisa y exacta (Caddy y Mahon, 1996).

Podemos concluir añadiendo que el Principio de Precaución establecido por FAO en 1995 constituye un código de conducta de pesca responsable, suscrito por España, que declara que las limitaciones, incertidumbre o falta de información para la evaluación de los stocks pesqueros, no debe ser una excusa para la no aplicación de medidas de ordenación. Según este criterio, ante la falta de un conocimiento más detallado de la situación del recurso y de la incertidumbre inherente a éste, la puesta en marcha de distintas medidas reguladoras de la actividad extractiva debe considerarse muy apropiada desde el punto de vista de la gestión pesquera. Las medidas propuestas (talla mínima, periodo de descanso, número máximo de haladores, aparejos, tamaño y cantidad de anzuelos) en el Plan de Pesca vigente, deberían ser cumplidas en base a una protección de la pesquería, ya que al menos la tendencia decreciente de la biomasa del recurso se ha estabilizado en los valores mínimos y no sigue descendiendo. El establecimiento de las medidas de protección adoptadas es tan reciente, que aún es pronto para determinar si éstas han propiciado la deseable recuperación del recurso explotado.

A título particular, me gustaría terminar con la siguiente reflexión. A lo largo del presente trabajo hemos evaluado el periodo 1990-2003, circunscrito en el más amplio que contempla desde 1983 al 2003, es decir una generación humana. Sería una pena que en el transcurso de tan sólo una generación hubiéramos conseguido acabar comercialmente con una especie que no sabemos desde cuándo habita el Estrecho de Gibraltar. Ojalá que no sea demasiado tarde y en la medida de nuestras posibilidades consigamos que los voraces continúen acompañándonos y puedan explotarse sosteniblemente generación tras generación.



6. CONCLUSIONES Y TESIS

Heme aquí frente a tí, mar, todavía...
Vicente Aleixandre

CONCLUSIONES

- 1) El voraz (*Pagellus bogaraveo*) es una especie demersal de alto interés comercial. La flota voracera que explota este recurso en aguas del Estrecho de Gibraltar, está formada por un grupo de embarcaciones bien definido, constituyendo un componente de flota *per se*, tanto en sus características técnicas, como en los tipos de marea que desempeñan. Por orden de importancia, los principales puertos base de la flota voracera son: Tarifa, Algeciras y Ceuta.
- 2) El promedio de capturas de los tres últimos años de estudio (cercano a 200 t) no llega al 25% del máximo de la serie histórica obtenido en 1994 (854 t). Actualmente, la pesquería debe considerarse en un nivel de plena explotación, y el declive de ésta a partir de 1997 ha llevado a la adopción de medidas de ordenación encaminadas, tanto a la recuperación del recurso, como a la sostenibilidad del mismo.
- 3) El análisis de la proporción de sexos por clase de talla evidencia la composición típica de una especie con hermafroditismo de tipo protándrico. Aunque no es una pauta invariable, el voraz actúa sexualmente primero como macho. Posteriormente, tras un proceso de inversión sexual, pasa a ser hembra el resto de su vida. La talla a la que se produce dicho proceso se ha establecido en 32,5 cm de longitud total. Así, las diferentes tallas de primera maduración (30,15 y 35,73 cm de longitud total para machos y hembras, respectivamente) son consecuencia del carácter hermafrodita de la especie.
- 4) La evolución mensual de varios índices, cualitativos y cuantitativos, indica que la reproducción del voraz en el Estrecho de Gibraltar es claramente invernol, teniendo lugar a lo largo del primer trimestre del año.

- 5) El voraz debe considerarse como una especie de crecimiento lento. La relación entre la talla y la edad obtenida mediante la lectura directa de los anillos de crecimiento de los otolitos se ajusta bien a la ecuación de crecimiento propuesta por Von Bertalanffy. Los valores de los parámetros estimados de dicha ecuación son los siguientes: $L_{\infty} = 58$; $k = 0,169$ y $t_0 = -0,67$. En consonancia con el hermafroditismo de esta especie, observamos un cambio en el ritmo de crecimiento en la edad 4. Esta ralentización coincide con la edad a la que los machos alcanzan la primera maduración sexual, y posteriormente, se produce el cambio de sexo. Así las hembras alcanzan su maduración a los 5 años de edad. La edad máxima con lecturas coincidentes es de 8 años, que no parece corresponderse con la edad máxima de la población: La longevidad (T_e) calculada a partir de diferentes estimas de la tasa instantánea de mortalidad natural (M) abarca un rango de 14 a 26 años.
- 6) Para los ejemplares juveniles, los resultados de las experiencias de marcado-recaptura reflejan desplazamientos significativos, desde una de sus zonas de cría en la Región Surmediterránea hacia el Estrecho de Gibraltar. Sin embargo, los desplazamientos de los voraces adultos marcados en el área de estudio, se limitan a movimientos de carácter trófico entre los distintos caladeros donde faena la flota voracera.
- 7) A partir de la información disponible, y a efectos de la evaluación del recurso, podemos considerar a la población de voraz del Estrecho de Gibraltar como un stock suficientemente homogéneo. Con todo, no debe descartarse que la tasa de intercambio con poblaciones de otras áreas pueda ser más grande de lo esperado.
- 8) Los resultados de la evaluación analítica por Análisis de la Población Virtual (APV) acometida para el caso del voraz del Estrecho de Gibraltar, deben interpretarse con precaución. Sin embargo, la similitud de las tendencias observadas en los diferentes ensayos realizados reduce, en cierta medida, la incertidumbre sobre el conocimiento «real» del estado de explotación de la pesquería. Además, la imagen obtenida coincide con la percepción explícita de la pesquería por parte del sector extractivo.

- 9) Los resultados de la evaluación reflejan que la biomasa reproductora está por debajo de la biomasa de precaución (B_{PA}). En estos casos, el stock puede clasificarse como «fuera de los límites biológicos de seguridad» o «en riesgo de una reducida capacidad reproductiva», independientemente del nivel de la tasa instantánea de mortalidad pesquera actual. A los niveles actuales no puede asegurarse la sostenibilidad de la pesquería.
- 10) En virtud de la crítica situación del recurso explotado, la mejor recomendación es la reducción, o al menos congelación, del esfuerzo pesquero efectivo. La puesta en marcha de distintas medidas reguladoras de la actividad extractiva, contempladas en los Planes de Pesca, se considera apropiada desde el punto de vista de la gestión pesquera. En un futuro, la evaluación de la pesquería debe abordarse bajo el enfoque del ecosistema. Conviene no olvidar que la actividad pesquera y los sectores implicados en ella forman también parte de dicho ecosistema, por lo que se requiere la participación de todos los actores interesados (los denominados *stakeholders*), tanto en el proceso de evaluación, como en el de discusión y decisión de futuras medidas de ordenación.

TESIS

El conocimiento de la biología y pesca del voraz (*Pagellus bogaraveo*) del Estrecho de Gibraltar permite mejorar la evaluación de este recurso pesquero de gran importancia, tanto social como económica, en el área de estudio. Esto constituye un primer paso hacia una gestión más adecuada de su explotación, en aras de la sostenibilidad de la población.

La presente Tesis está refrendada por el hecho de que el Grupo de Trabajo del ICES sobre la biología y evaluación de los recursos pesqueros de profundidad (ICES WGDEEP) utiliza, desde el año 2000, la información presentada en este Memoria.



7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alagaraja, K., 1984. Simple methods for estimation of parameters for assessing exploited fish stocks. *Indian J. Fish.*, 31: 177-208.
- Albaret, J. J., 1977. La reproduction de l'albacore (*Thunnus albacares*) dans le Golfe de Guinée. *Cah. ORSTOM, Sér. Océanogr.*, 15: 389-419.
- Alcaraz, J. L., J. F. Carrasco, E. M. Llera, M. Menéndez, J. A. Ortea y A. Vizcaíno, 1987. Aportación al estudio del besugo en el Principado de Asturias. Recursos Pesqueros de Asturias, 4. Servicio de Publicaciones del Principado de Asturias. 88 pp.
- Alekseev, F. E., 1982. Hermaphroditism in Porgies (*Perciformes, Sparidae*), I. Protogyny in scups, *Pagrus pagrus*, *P. orphus*, *P. ehrenbergi* and *P. auriga* from the West African shelf. *J. Ichthyology*, 22 (5): 85-94.
- Ambar, I. y M. R. Howe, 1979. Observation of the mediterranean outflow. *Deep-Sea Research*, 26: 535-554.
- Ambar, I., 1983. A shallow core of mediterranean water off western Portugal. *Deep-Sea Research*, 30: 677-680.
- Andrade, J. P., I. Afonso-Dias, C. Reis, I. Sobrino, M.P. Jiménez, Y. Vila, P.T. dos Santos, F. Ribeiro, S. Ramos y T. Gomes, 2001. Collection of biological data of 5 flatfishes species from Iberian waters (Portuguese coast and Gulf of Cádiz). Study contract 97/0083, Final Report. 310 pp.
- Anónimo, 1982. Métodos de recolección y análisis de datos de talla y edad para la evaluación de poblaciones de peces. FAO Circulares de Pesca, 736. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. 132 pp.
- Anónimo, 1994. Las artes de pesca del litoral gaditano. Diputación provincial de Cádiz, Cádiz. 210 pp.
- Anónimo, 2004. Guía de buenas prácticas en la manipulación del voraz de Tarifa-besugo de la pinta. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. 35 pp.
- Anthony, V. C. y M. J. Fogarty, 1985. Environmental effects on recruitment, growth and vulnerability of Atlantic herring (*Clupea harengus harengus*) in the Gulf of Maine region. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42 (Suppl. 1): 158-173.
- Appeldoorn, R., 1987. Modification of a seasonally oscillating growth function for use with mark-recapture data. *J. Cons. CIEM*, 43: 194-8.
- Balguerías, E., 1993. La pesca de los costeros canarios en el banco sahariano: antecedentes históricos y situación actual. La chopo (*Spondyliosoma cantharus* Linnaeus, 1758) como ejemplo de aplicación de métodos simples para la evaluación de stocks en la pesquería artesanal canaria. Tesis Doctoral. Universidad de La Laguna. 382 pp.
- Bajkov, A., 1933. Fish population and productivity of lakes. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 62: 307-316.

- Baranov, F. I., 1914. The capture of fish by gillnets. *Mater. Poznaniyu Russ. Rybolovstova*, 3 (6): 56-59.
- Baranov, F. I., 1918. On the question of the biological basis of fisheries. *Nauchn. Issled. Ikhtiologicheskii Ins. Izv.*, 1: 81-128.
- Barber, W y J. Taylor, 1990. The importance of goals, objectives and values in the fisheries management process and organization: A review. *North Amer. J. Fish. Manage.*, 10(4): 365-373.
- Baro, J., 1996. Biología pesquera del besugo [*Pagellus acarne* (Risso, 1826)] del mar de Alborán. Tesis Doctoral. Universidad de Málaga. 228 pp.
- Bengen, G., J. Kugler y J. Pequignot, 1991. Etude des ovocytes d'*Alosa alosa* L. (Clupeidae) a cours de sa migration anadrome en Garonne. *Cybium*, 15: 229-238.
- Beverton, R. J. y S. J. Holt, 1957. On the dynamics of exploited fish populations. *Fish. Invest.*, London, 19(2), 533 pp.
- Beverton, R. J. y S. J. Holt, 1959. A review of the lifespans and mortality rates of fish in nature, and their relation to growth and other physiological characteristics. En: *CIBA Foundation Colloquia on Ageing. Vol. 5. The lifespan of animals*. Wolstenholme, G. E. W. y M. O'Connor (Eds.), Londres: 142-180.
- Bhattacharya, C. G., 1967. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*, 23: 115-135.
- Blanco, J., 1991. Estudio histológico y bioquímico durante la reproducción de *Halobatrachus didactylus* en la Bahía de Cádiz. Tesis Doctoral. Universidad de Cádiz. 198 pp.
- Bravo, R., M. Casimiro-Soriguer, N. Villar, M. C. Gómez-Cama y J. A. Hernando-Casal, 2000. An approach to studying the selectivity of the voraz (*Pagellus bogaraveo*, Brünnich 1768). Fishing technique used in Tarifa, Spain. *2nd International Congress on Maritime Technological Innovations and Research*, Cádiz.
- Bruno, M., J. J. Alonso, A. Cózar, J. Vidal, A. Ruiz-Cañavate, F. Echevarría y J. Ruiz, 2002. The boiling-water phenomena at Camarinal Sill, the Strait of Gibraltar. *Deep-Sea Research II*, 49 (19): 4097-4114.
- Bryden, H. I. y T. H. Kinder, 1985. Gibraltar Experiment. A plan for dynamic and cinematic investigations of strait mixing, exchange and turbulence. W.H.O.I. Technical Report. 86 pp.
- Brock, V. E., 1962. On the nature of the selectivity fishing action of longline gear. *Pac. Sci.*, 16: 3-14.
- Caddy, J. F. y R. Mahon, 1996. Puntos de Referencia para la Ordenación Pesquera. FAO Documento Técnico de Pesca, 347. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. 109 pp.
- Caddy, J. E. y G. D. Sharp, 1988. Un marco ecológico para la investigación pesquera. FAO Documento Técnico de Pesca, 283. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. 314 pp.

- Canoura, J., J. Gil, C. Farias e I. Sobrino, 2006. Análisis de recapturas procedentes de las campañas de marcado de voraces (*Pagellus bogaraveo*) realizadas en la región de Surmediterránea Española y en el Estrecho de Gibraltar: Determinación de movimientos. *XIV Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina*, Barcelona.
- Carrillo, M. y S. Zanuy, 1993. Fisiología de la reproducción de los teleósteos. En: *Acuicultura marina: Fundamentos biológicos y tecnología de la producción*: 125-142.
- Casselman, J. M., 1983. Age and growth assessment of fish from their calcified structures—Techniques and tools. En: *Proceedings of International Workshop on age determination of oceanic pelagic fishes: Tunas, billfishes and sharks*. NOAA Technical Report, Florida. 122 pp.
- Castro, R., 1990. Biología y pesca del besugo (*Pagellus bogaraveo* B.). Informes Técnicos, 30. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. 42 pp.
- Cerdá, J. L., T. R. Petrino y R. A. Wallace, 1993. Functional heterologous gap junctions in Fundulus ovarian follicles maintain mitotic arrest and permit hydration during oocyte maturation. *Dev. Biol.*, 160: 228-235.
- Cervantes, M., 1605. El ingenioso hidalgo don Quijote de la Mancha. Editorial Lunverg, Madrid. 1243 pp.
- Chugunov, N. L., 1935. An attempt at a biostatistical determination of the stocks of fishes in the North Caspian. *Rybn. Khoz.*, 15 (6): 24-29.
- Clark, J. R., 1960. Report on selectivity of fishing gear. En: *Fishing effort, the effect of fishing in resources and the selectivity of fishing gear*. ICNAF Spec. Publ., 2: 27-36.
- Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo, 1992. Nuestro futuro común. Alianza Editorial, Madrid. 250 pp.
- Coupe, R., 1954. Cinquième note sur les Sparidés de la côte marocain, *Pagellus centrodonatus* (Val. 1836). *Journal du Conseil Permanent International pour L'Exploration de la Mer*. 11 pp.
- Crespo, J., y R. Ponce, 2003. Nombres vernáculos y científicos de organismos marinos. Instituto Español de Oceanografía, Madrid. 726 pp.
- D'Ancona, U., 1949. Il differenziamento della gonade e l'inversione sessuale degli Sparidi. *Arch. Oceanogr. Limnol.*, 6 (2-3): 97-163.
- Darby, C. D. y S. Flatman, 1994. Virtual Population Analysis: version 3.1 (Windows/DOS) user guide. Information Technology Series, 1. MAFF Direct. Fish. Res., Lowestoft. 85 pp.
- Desbrosses, P., 1938. La dorade commune (*Pagellus centrodonatus*) et sa pêche. *Rev. Trav. Off. Pêches Marit.*, 5 (2): 167-222.
- Derzhavin, A. N., 1922. The stellate sturgeon (*Acipenser stellatus* Pallas), a biological sketch. *Byulleten Bakinskoi Ikhtologicheskoi Stansii*, 1. 393 pp.

- Fabens, A. J., 1965. Properties and fitting of the von Bertalanffy growth curve. *Growth*, 29: 265-289.
- FAO, 1995. Código de Conducta para la Pesca Responsable. FAO Documento Técnico de Pesca, 731. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. 151 pp.
- Fisher, H. M., 1983. Protandric sex reverseal in *Gonostoma elongatum* (Pisces, Gonostomatidae) from the eastern Gulf of Mexico. *Copeia*, 2: 554-557.
- Folkard, A. M., P.A. Davies, A. F. G. Fiúza e I. Ambar, 1997. Remotely sensed sea surface thermal patterns in the Gulf of Cádiz and the Strait of Gibraltar: Variability, correlations and relationship with the surface wind field. *Journal of Geophysical Research*, 102 (C3): 5669-5683.
- Fontana, A., 1969. Étude de la maturité sexuelle des sardinelles *Sardinella eba* (Val.) et *Sardinella aurita* (C. et V.) de la région de Pointe Noire. *Cah. ORSTOM, Sér. Océanogr.*, 7: 101-114.
- Fox, W. W., 1970. An exponential yield model for optimizing exploited fish populations. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 99: 80-88.
- Franqueville, C., 1983. Biologie et dynamique de population des daurades (*Pagellus bellottii* Steindachner, 1982) le long des côtes Sénégalaises. Tesis Doctoral. Universidad de Marsella. 276 pp.
- Froese, R. y D. Pauly, 2002. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org
- Fry, F. E. J., 1949. Statistics of a lake trout fishery. *Biometrics*, 5: 27-67.
- Gall, J. Le, 1929. Poissons de chalut. Note sur la sexualité de la dorade (*Pagellus centrodonatus*). *Rev. Trav. Off. Pêches Marit.*, 11 (1): 31-32.
- García, S. M., 1994. Precautionary principle: Its implications in capture fisheries management. *Ocean and Coastal Management*, 22: 99-125.
- García del Hoyo, J. J., F. García Ordáz, M. D. González Gálan y M. L. Vilchez Lobato, 2001. Políticas de gestión de pesquerías artesanales. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva. 340 pp.
- Gascard, J. y C. Richez, 1985. Water masses and circulation in the Western Alboran Sea and in the Strait of Gibraltar. *Progr. Oceanogr.*, 15: 157-256.
- Gayanilo, F. C, P. Sparre y D. Pauly, 2003. The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FISAT). User's Guide (Rev.1) Advanced copy. FAO Computerized Information Series Fisheries 8. 262 pp.
- Gil, J., L. Silva e I. Sobrino, 2001. Results of two Tagging Surveys of red seabream [*Pagellus bogaraveo* (Brunnich, 1768)] in the Spanish Sout Mediterranean Region. *Thalassas*, 17 (2): 43-46.

- Gil, J. e I. Sobrino, 2001. Studies on reproductive biology of the Red (blackspot) seabream [*Pagellus bogaraveo* (Brünnich, 1768)] from the Strait of Gibraltar (ICES IXa/SW Spain). NAFO SCR Doc. 01/86. 6 pp.
- Gil, J. e I. Sobrino, 2006. La pesquería del voraz en el estrecho de Gibraltar. En: *Acuicultura, pesca y marisqueo en el Golfo de Cádiz*. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. CD rom.
- Gødo, O. R., y Moksness, E., 1987. Growth and maturation of Norwegian coastal cod and Northeast Arctic cod under different conditions. *Fisheries Research*, 5: 235-242.
- Grau, A., 1992. Aspectos histológicos, ciclo reproductor y principales procesos patológicos de *Seriola dumerili* (Risso, 1810). Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. 451 pp.
- Gueguen, J., 1969. Crissance de la dorade, *Pagellus centrodontus* Delaroche. *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.*, 33 (3): 251-254.
- Gueguen, J., 1974. Précisions sur le migrations de la dorade rosse *Pagellus bogaraveo* (Brünnich, 1768). Science et Pêche. *Bull. Inst. Pêches Marit.*, 237: 1-9.
- Guerra, A. y J. L. Sánchez, 1998. Fundamentos de explotación de recursos vivos marinos. Editorial Acribia, Zaragoza. 249 pp.
- Gulland, J. A., 1965. Estimation of mortality rates. Annex to the Report of the Artic Fisheries Working Group. ICES C.M. 1965/3. 9 pp.
- Gulland, J. A. y S. J. Holt, 1959. Estimation of growth parameters for data at unequal time intervals. *J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer.*, 25: 47-49.
- Gulland, J. A., 1988. Fish Population Dynamics: The implications for management. John Wiley and sons, Nueva York. 422 pp.
- Gulland, J. A. y A. A. Rosenberg, 1992. Examen de los métodos que se basan en la talla para evaluar las poblaciones de peces. FAO Documento Técnico de Pesca, 323. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. 114 pp.
- Guraya, S. S., 1986. The cell and molecular biology of fish oogenesis. *Monographs in Developmental Biology*, 18: 1-223.
- Heming, M. y R. K. Buddington, 1998. Yolk absortion in embryonic and larval fishes. En: *Fish Physiology*. Academic Press, Londres: 408-446.
- Herrero, I., 2006. Eficiencia, seguridad y rentabilidad de la flota de Tarifa. En: *Acuicultura, pesca y marisqueo en el Golfo de Cádiz*. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. CD rom.
- Hilborn, R., 1979. Comparision of fisheries control systems that utilize catch and effort data. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 36: 1477-1489.
- Hilton-Taylor, C., 2000. IUCN red list of threatened species. IUCN, Gland, Suiza. 61 pp (con 1 CD rom).

- Holden, M. J. y D. F. S. Raitt, 1974. Manuel de science halieutique. Deuxième partie. Méthodes de recherches sur les ressources et leur application. FAO Documento Técnico de Pesca, 115. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. 223 pp.
- Hunter, J. R., N. C. H. Lo y R. Leong, 1985. Batch fecundity in multiple spawning fishes. En: *An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: applications to the northern anchovy, Engraulis mordax*. NOAA Technical Report NMFS, 36: 67-77.
- Hunter, J. R., B. J. Macewicz, N. C. Lo y C. A. Kimbrell, 1992. Fecundity, spawning and maturity of female Dover sole, *Microstimus pacificus*, with an evaluation of assumptions and precision. *Fishery Bull. US*, 90: 101-128.
- ICES, 1996. Report of the Working Group on the Biology and Assessment of Deep-Sea Fisheries Resources. ICES CM 2006/ACFM:8. 145 pp.
- ICES, 1998. Report of the Study Group on the Biology and Assessment of Deep-Sea Fisheries Resources. ICES CM 2006/ACFM:12. 172 pp.
- ICES, 1998b. Report of the Study Group on the Precautionary Approach to Fisheries Management. ICES CM 1998/ACFM:10 Ref. 10. 39 pp.
- ICES, 2000. Report of the Study Group on the Biology and Assessment of Deep-Sea Fisheries Resources. ICES CM 2000/ACFM:8. 206 pp.
- ICES, 2002. Report of the Working Group on the Biology and Assessment of Deep-Sea Fisheries Resources. ICES CM 2002/ACFM:16. 256 pp.
- ICES, 2004. Report of the Working Group on the Biology and Assessment of Deep-Sea Fisheries Resources. ICES CM 2004/ACFM:15. 308 pp.
- ICES, 2006. Report of the Working Group on the Biology and Assessment of Deep-Sea Fisheries Resources. ICES CM 2006/ACFM:28. 486 pp.
- IEO, 1983. Campañas oceanográficas de geología marina en el Estrecho de Gibraltar. *Trab. Inst. Esp. Oceanogr.*, 43 (I y II). 237 pp.
- Jonsson, G., 1992. Islenskir fiskar. Editorial Fiolvi, Reykjavik. 568 pp.
- Kartas, F. y J. P. Quignard, 1984. La fecundité des poissons téléostéens. Editorial Mason, París: 121 pp.
- Kelling, G. y D. J. Stanley, 1972. Sedimentary evidence of bottom current activity, Strait of Gibraltar region. *Marine Geology*, 13: 51-60.
- King, M, 1995. Fisheries biology, assessment and management. Fishing New Books. Blackwell Science Ltd, Oxford. 341 pp.
- Koike, A. y A. Kanda, 1978. Selectivity of the hook of pond smelt *Hypomesus olidus*. *J. Tokyo Univ. Fish.*, 55: 77-82.

- Krug, H. M., 1990. The Azorean blackspot seabream, *Pagellus bogaraveo* (Brünnich 1768) (Teleostei: Sparidae): Reproductive cycle, hermaphroditism, maturity and fecundity. *Cybium*, 14 (2): 151-159.
- Krug, H. M., 1989. The Azorean blackspot seabream, *Pagellus bogaraveo* (Brunnich 1768) (Teleostei: Sparidae): Age and growth. *Cybium*, 13: 347-355.
- Krug H. M., 1998. Variation in reproductive cycle of the blackspot seabream, *Pagellus bogaraveo* (Brunnich, 1768) in the Azores. *Arquipélago*, 16A: 37-47.
- Krug, H. M., 1994. Biologia e Avaliação do Stock Açoreano de Goraz, *Pagellus bogaraveo*. Tesis Doctoral. Universidad de Azores. 265 pp.
- Laird, L. M. y I. G. Pried, 1986. Notes on a stereological technique for the estimation of the number of oocytes in the ovary of mackerel. En: *Fecundity of female mackerel (Scomber scombrus)*. Contract M17 RJ/MB, Interim Report. 241 pp.
- Lamrini, A., 1986. Sexualité de *Pagellus acarne* (Risso, 1826) (Téléostéen, Sparidae) de la côte atlantique méridionale du Maroc (21°-26° N). *Cybium*, 10 (1): 3-14.
- Laurec, A. y J. C. Leguen, 1981. Rapports scientifiques et techniques. En: *Dynamique des populations marines exploitées (I). Concepts et Modèles*. IFREMER. 117 pp.
- Le Cren, E. D., 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *J. Anim. Ecol.*, 20 (2): 201-219.
- Leonce-Valencia, C. y O. Defeo. 1997. Evaluation of three length-based methods for estimating growth in tropical fishes: The red snapper *Lutjanus campechanus* of the Campeche Bank (Mexico). *Sci. Mar.*, 61: 297-303.
- Lucio, P., 2002. Bermeo y una de sus especies. El besugo. *Europa azul*, 69: 90-94.
- Madelain, F., 1970. Influence de la topographie du fond sur l'écoulement méditerranéen entre le détroit de Gibraltar et le cap Sint-Vicent. *Cahiers Océanographiques*, 22 (1): 43-61.
- MAPA, 1995. Catálogo de denominaciones de especies acuícolas españolas. Tomo I. Peces. MAPA SGPM. 69 pp.
- Marquardt, D., 1963. An algorithm for least squares estimation of nonlinear parameters. *SIAM Journal on Applied Mathematics*, 11: 431-441.
- Melières, F., 1974. Reserches sur la dynamique sédimentaire du Golfe de Cadix (Espagne). Tesis Doctoral Universidad de Paris. 235 pp.
- Mendonça, A., S. Estácio, H. M. Krug, G. Menezes, J. Branco y M. R. Pinho, 1998. Reproduction aspects of some demersal fishes captured in Azores Archipelago. ICES C. M./O: 83. 9 pp.
- Menezes, G., A. Rogers, H. Krug, A. Mendonça, B. Stockley, E. Isidro, M.R. Pinho, y A. Fernandes, 2001. Seasonal changes in biological and ecological traits of demersal and deep water fish species in the Azores. Final report, Commission of the European Communities (DG XIV/C/1- Study contract 97/081). 164 pp.

- Menezes, G. M., H. M. Silva, H. M. Krug, E. Balguerías, J. Delgado, J. G. Pérez, I. L. Soldevilla, J. L. Nespereira, D. Carvalho y J.S. Morales, 1998. Design optimization and implementation of demersal survey cruises in the Macronesian Archipelagos. Final Report. Arquivos do DOP. Série Estudos 3/98: 162pp+39 pp anex.
- Millot, C., 1987. Circulation in the Western Mediterranean. *Sea Oceanol. Acta*, 10 (2): 143-149
- Morales-Nin, B., 1987. Métodos de determinación de la edad en los osteictios en base a estructuras de crecimiento. *Inf. Técn. Inv. Pesq.*, 143: 30 pp.
- Morato, T., E. Sola, M. P. Grós Y G. Menezes, 2001. Feeding habitats of two congener species of seabreams, *Pagellus bogaraveo* and *Pagellus acarne*, off the Azores (Northeastern atlantic) during spring of 1996 and 1997. *Bulletin of Marine Science*, 69 (3): 1073-1087.
- Moreau, J., C. Bambino y D. Pauly, 1986. Indices of overall fish growth performance of 100 tilapia (*Cichlidae*) populations. En: The first Asian Fisheries Forum , Edited by J. L. MacLean, L. B. Dizon y L. V. Hosillos. Asian Fisheries Society. Manila, Filipinas: 201-206.
- Munro, J. L., 1982. Estimation of the parameters of the von Bertalanffy growth equation from recapture data at variable time intervals. *J. Cons. CIEM*, 40: 199-200.
- Munro, J. L. y D. Pauly, 1983. A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates. *Fishby*, 1 (1): 5-6.
- Murawski, S. A., 1984. Mixed-species yield per recruitment analyses accounting for technological interactions. *Can. Spec. Pub. Fish. Aquat. Sci.*, 41: 897-916.
- Murphy, G. I., 1965. A solution of the catch equation. *J. Fish. Res. BD. Can.*, 22 (1): 191-202.
- Muus, B. J. y J. G. Nielsen, 1999. Sea fish. Scandinavian Fishing Year Book. Hedehusene, Dinamarca. 340 p.
- Nagahama, Y., 1994. Endocrine regulation of gametogenesis in fish. *Int.J. Dev. Biol.* 38: 217-229.
- Nelson, J. S., 1994. Fishes of the world. John Wiley and sons, Nueva York. 60 pp.
- Norse, E. A., 1993. Global marine biological diversity: A strategy for building conservation into decision making. Island Press, Washington DC. 383p.
- Oliver, P., 1991. Dinámica de la población de merluza (*Merluccius merluccius* L.) de Mallorca (reclutamiento, crecimiento y mortalidad). Tesis Doctoral. Universidad de Baleares. 392 pp.
- Olivier, R., 1928. Poissons de chalut. La dorade (*Pagellus centrodontus*): Résumé pratique de nos connaissances sur ce poisson. *Rev. Trav. Off. Pêch. Marit.* 1(14): 4-22.

- Oshiro T. y T. Hibiya, 1982. Relationship of yolk globules fusion to oocyte water absorption in the plaice *Limanda yokohamae* during meiotic maturation. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 47: 1123-1130.
- Overholtz, W. J., M. P. Sissenwine y S.H. Clarck, 1986. Recruitment variability and its implication for managing and rebuilding the Georges Bank Haddock stock. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 43: 748-753.
- Pauly, D., 1979. Theory and management of tropical multispecies stocks: A review with emphasis on the Southeast asian demersal fisheries. ICLARM Studies and Reviews, 1: 35 pp.
- Pauly, D., 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. Int. Explor. Mer*, 39: 175-192.
- Pauly, D., 1984. Fish Population Dynamics in Tropical Waters: A Manual for Use with Programmable Calculators. ICLARM Studies and Reviews, 8. 325 pp.
- Pauly, D., 1985. Quelques méthodes simples pour l'estimation des stocks de poissons tropicaux. FAO Documento Técnico de Pesca, 234. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. 56 pp.
- Petersen, C. G. J., 1892. Fiskenes biologiske forhold i Holbaek Fjord, 1890-1891. *Beret. Danm. Biol. St.*, 1: 121-183.
- Pereiro, J. A., 1982. Modelos al uso en dinámica de poblaciones marinas sometidas a explotación. Informes Técnicos Instituto Español Oceanografía, 1. 255 pp.
- Pinho, M. R., 2003. Abundance estimation and management of Azorean demersal species. Tesis Doctoral. Universidad de Azores. 163 pp.
- Piñeiro, C. G., A. Padín e I. Loureiro, 1996. Metodología y técnicas usuales en la preparación de otolitos para la determinación de la edad de los peces. Informes Técnicos Instituto Español Oceanografía, 169. 29 pp.
- Pope, J. G., 1972. An investigation of the accuracy of Virtual Population Analysis using Cohort Analysis. *ICNAF Res. Bull.*, 9: 64-74.
- Pope, J. G., 1977. Estimation of fishing mortality, its precision and implications for the management of fisheries. En: *Fisheries mathematics*. Academic Press, Londres. 198 pp.
- Pope, J. G., 1979. Population dynamics and management: current status and future trends. *Invest. Pesq.*, 43: 199-221.
- Pope, J. G., A. R. Margetts, J. M. Hamley y E. F. Akyüz, 1983. Manual de métodos para la evaluación de las poblaciones de peces. Parte 3. Selectividad del arte de pesca. FAO Documento Técnico de Pesca, 41. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. 56 pp.
- Pope, J. G. y J. G. Shepherd, 1982. A simple method for the consistent interpretation of catch-at-age data. *J. Cons. Int. Explor. Mer*, 40: 176-184.

- Punzón, A., F. González, L. Mene y R. M. Gancedo, 2000. Protocolos de muestreo del Instituto Español de Oceanografía (IEO) en el área del Consejo Internacional para la Exploración del Mar (CIEM). Informes Técnicos Instituto Español de Oceanografía, 180. 27 pp.
- RAE, 2001. Diccionario de la lengua española. Editorial Espasa-Calpe, Madrid. 1514 pp.
- Ralston, S. 1982. Influence of hook size in the Hawaiian deep-sea handline fishery. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 39: 1297-1302.
- Ralston, S. 1990. Size selectivity of snappers (Lutjanidae) by hook and line gear. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 47: 696-700.
- Ramos, F. y O. Cendrero, 1967. Notes on the age and growth of *Pagellus cantabricus* (Asso) of Northern Spain. ICES C.M. 1967/G:3. 8 pp.
- Ricker, W. E., 1949. Mortality rates in some little-exploited populations of freshwaters fishes. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 77: 114-128.
- Rikhter, V. A. y V. N. Efanov, 1976. On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations. ICNAF Res. Doc., 76. 12 pp.
- Rodríguez, A., 1984. Biología y cultivo de *Solea senegalensis* Kaup, 1858. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla. 207 pp.
- Roff, D. A., 1982. Reproductive strategies in flatfish: a first synthesis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 39: 1686-1698.
- Ruiz, J., 1330. El libro del buen amor. Editorial Cátedra, Madrid, 600 pp.
- Saila, S.B., C. W. Recksiek y M. H. Prager, 1988. Basic fishery science programs: a compendium of microcomputer programs and manual of operation. Elsevier Science Publishing Co., Nueva York. 230 pp.
- Sánchez, F., 1983. Biology and fishery of the red sea-bream (*Pagellus bogaraveo* B.) in VI, VII and VIII Subareas of ICES. ICES C. M. 1983/G:38. 11 pp.
- Sánchez R. y V. Zabaleta, 1972. Meteorología y Oceanografía. Publicaciones Secretaría Marina Mercante, Madrid. 200 pp.
- Saphiro, D. Y., 1984. Sex reversal in coral reef fishes. En: *Fish Reproduction. Strategies and Tactics*. Academic Press, Londres. 410 pp.
- Schaefer, M. B., 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull.*, 1(2): 27 - 56.
- Schull y Bray, 1989. Gibraltar experiment CTD data report II. S.I.O. Reference Series, 89 (23). 259 pp.
- SECEG, 1982. Estudio monográfico sobre Geología del Estrecho de Gibraltar. SECEG, Madrid. 194 pp

- Segado M., J. M. Gutierrez, F. Hidalgo, J. M. Martinez y F. Cepero, 1984. Estudio de los sedimentos recientes en la plataforma continental gaditana entre Chipiona y Cabo Roche. *Bol. Geol. y Min.*, XCV (IV): 310-324.
- Selman K. y R. A. Wallace, 1989. Cellular aspects of oocyte growth in teleost. *Zool. Sci.*, 6: 211-231.
- Sharp, G. D., 1995. Its about time: New beginnings and old good ideas in fisheries science. *Fisheries Oceanography*, 4 (4): 324-341.
- Silva, H. M. 1987. Estado dos stocks de goraz e abrótea. En: *Relatório da VII Semana das Pescas dos Açores*. Secretaria Regional de Agricultura e Pescas-Direcção Regional das Pescas dos Açores, Horta: 197-199.
- Silva, H. M., H. Krug, y G. Menezes, 1994. Bases para a regulamentação da pesca de demersais nos Açores. Arquivos do DOP-Série Estudos, 94. 99 pp.
- Silva, L., J. Gil e I. Sobrino, 2002. Definition of fleet components in the spanish artisanal fishery of the Gulf of Cádiz (SW. Spain ICES Division IXa). *Fisheries Research*, 59: 117-128.
- Sobrino, I., M. P. Jiménez, F. Ramos y J. Baro, 1994. Descripción de las pesquerías demersales de la región Suratlántica Española. Informes Técnicos Instituto Español de Oceanografía, 151. 79 pp.
- Sobrino, I. y J. Gil, 2001. Studies on age determination and growth pattern of the red (blakspot) seabream [*Pagellus bogaraveo* (Brünnich, 1768)] from the Strait of Gibraltar (ICES IXa/SW Spain): Application to the species migratory pattern. *NAFO SCR* 01/87. 5 pp.
- Sokal, R. R. y F. J. Rolhf, 1981. Biometry. Freeman and Co., San Francisco. 859 pp.
- Sparre, P. y S. C. Venema, 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1: Manual. FAO Documento Técnico de Pesca 306/1. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. 420 pp.
- Stevenson, R. E., 1977. Huelva Front and Málaga, Spain, Eddy Chain as defined by Satellite and Oceanographic data. *Deutsche Hydrographische Zeitschrift, Jahrgang*, 30: 51-54.
- Takeuchi, S. y A. Koike, 1969. The effect of size and shape of hook on the catching efficiency and selection curve of longline. *J. Tokyo Univ. Fish.*, 55: 119-124.
- Tanaka, S., 1960. Studies on the dynamics and the management of fish populations. Bull. Tokai. Reg. Fish. Res. Lab., 28. 200 pp.
- Taylor, C., 1958. Natural mortality rate of Georges Bank haddock. *U. S. Fish Wild. Ser. Fish. Bull.*, 58: 1-7.
- Tereschenko, K. K., 1917. The bream (*Abramis brama*, L.) of the Caspian-Volga region, its fishery and biology. *Tr. Astrakhanskoi Laboratorii*, 4 (2): 159 pp.

- Thompson, W. F. y F. H. Bell, 1934. Biological statistics of the Pacific Halibut fishery. 2. Effect of changes in intensity upon total yield and yield per unit of gear. Rep. Int. Fish. Pacific Halibut Comm., 8. 49 pp.
- Ulltang, Ø., 1977. Sources of error in and limitations of Virtual Population Analysis (Cohort Analysis). *J. Cons. Int. Explor. Mer*, 37 (3): 249-260.
- Villanueva, G. y J. M. Gutierrez-Mas, 1994. The hydrodynamics of the Gulf of Cádiz and the exchange of water masses through the Gibraltar Strait. *International Hydrographic Review*, LXXI (1). 13 pp.
- Von Bertalanffy, L., 1934. Untersuchungen über die Gesetzmäßigkeiten des Wachstums. 1. Allgemeine Grundlagen der Theorie. *Roux'Arch. Entwick-Lungsmech. Org.*, 131: 613-653.
- Wallace, R. A. y K. Selman, 1981. The reproductive activity of *Fundulus heteroclitus* females from Woods Hole. *Copeia*: 212-214.
- Wallace, R. A. y K. Selman, 1990. Ultrastructural aspects of oogenesis and oocyte growth in fish and amphibians. *J. Electron. Micr. Tech.*, 16: 175-201.
- Wallace, R. A., K. Selman, M. S. Greeley, P. C. Begovac, W. P. Lin, R. McPherson y T. R. Petrino, 1987. Current status of oocyte growth. En: *Proceedings of the Third International Symposium of Reproductive Physiology of fish*. 167 pp.
- Westrheim, S. J. y W. E. Ricker, 1978. Bias in using an Age-Length Key to estimate Age-Frequency distributions. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 35: 184-189.
- Whitehead, P. J. P., M. L. Bauchot, J. C. Hureau, J. Nielsen y E. Tortonese, 1986. Sparidae. En: *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean Atlantic (CLOFNAM)*. Vol. 2. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, París: 883-907.
- Williamson, H. C., 1910. Report on the reproductive organs of *Sparus centrodontus* (Delaroche), *Sparus cantharus* (L.), *Sebastes marinus* (L.) and *Sebastes dactylopterus* (Delaroche); and on the rip eggs and larvae of *Sparus centrodontus* and *Sebastes marinus*. Fish. Scotland Sci. Invest., 1. 35 pp.
- Yandell, B. S., 1997. Practical data analysis for designed experiments. Chapman and Hall, Londres. 410 pp.
- York, W. S, R. Patiño y P. Thomas, 1993. Ultrastructural changes in follicle cell-oocyte associations during development and maturation of the ovarian follicle in Atlantic Croaker. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 92: 402-418.
- Zanuy, S. y M. Carrillo, 1987. La reproducción de los teleósteos y su aplicación en la acuicultura. En: *Reproducción en Acuicultura*. CAICYT, Madrid. 131 pp.
- Zar, J. J., 1984. Biostatistical analyses. Prentice-Hall, Londres. 718 pp.
- Zenk, W., 1975. On the mediterranean outflow west of Gibraltar. *Meteor Forsch-Ergebnisse*, 16: 23-34.



ANEXOS



Amanece en el Estrecho de Gibraltar (Juan Gil)



Lonja y muelle de Tarifa (Juan Gil)



Muelle pesquero de Tarifa (Juan Gil)



Haladores mecánicos (Juan Gil)



Buscando el sitio (Jesús Canoura)



Trabajando que da gusto (Jesús Canoura)



Pescando voraces (Juan Gil)



¿Qué fiesta es esta? Así no puede uno escuchar (Juan Gil)



¡Menuda mano señor Pepe! (Juan Gil)



Voraces en el vivero del Melena (Juan Gil)



Marcando juveniles en la Surmediterránea (Cristina García)



Juvenil marcado (Cristina García)



Marcando adultos en el Estrecho (Jesús Canoura)



Adulto marcado (Jesús Canoura)



Volviendo de la mar (Juan Gil)



Regreso al muelle (Juan Gil)



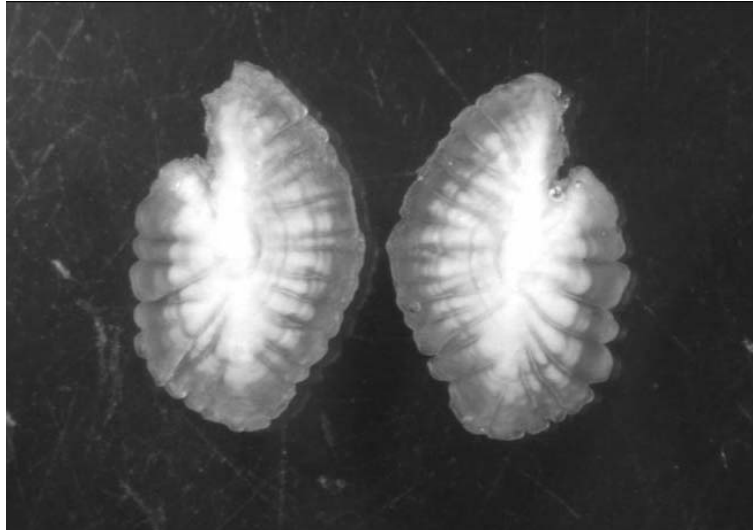
Gónada de voraz: Hembra EMS II (Jesús Canoura)



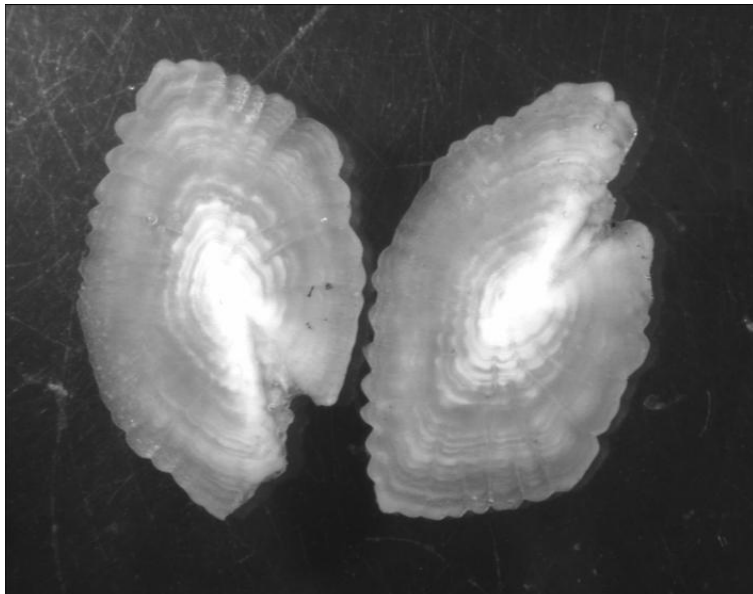
Gonada de voraz: Hermafrodita ♀EMS II-♂EMSII (Juan Gil)



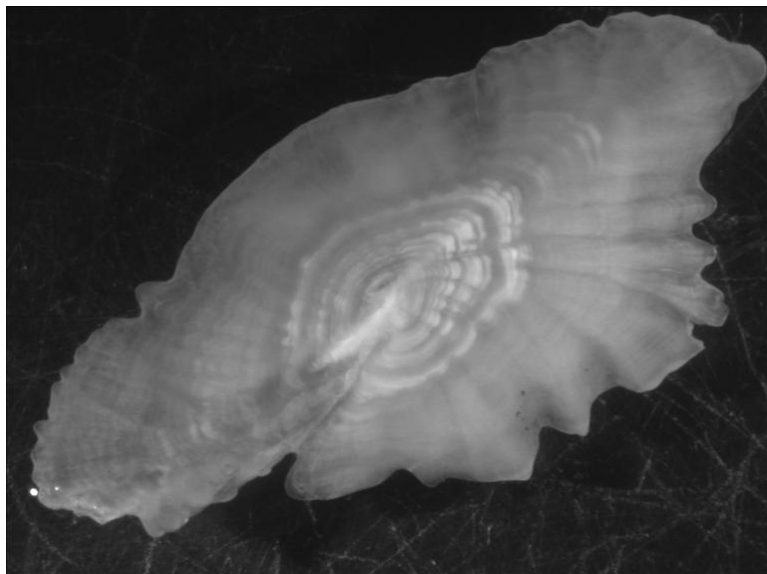
Gónada de voraz: Macho EMS II (Jesús Canoura)



Otolito de voraz: 0 años (Carlos Farias)



Otolito de voraz: 2 años (Carlos Farias)



Otolito de voraz: ¿6 ó 7 años? (Jesús Canoura)



Rompecabezas (Jesús Canoura)

Anexo II: Ficheros (*.dat) de entrada requeridos para ejecutar el Análisis de Población Virtual con el paquete informático del laboratorio de Lowestoft (*Virtual Population Analysis*: versión 3.1)

VORIND.IND: STOCK DE VORAZ (Estrecho de Gibraltar): Fichero índice

1

vorla.dat
vorcn.dat
vorcw.dat
vorsw.dat
vornm.dat
vormo.dat
vorpf.dat
vorpm.dat
vorfo.dat
vorfn.dat

VORLA.DAT: STOCK DE VORAZ (Estrecho de Gibraltar): Desembarcos en toneladas

1	1
1990	2003
3	8
5	

428.400
423.100
631.100
764.700
854.400
625.057
769.300
807.618
519.105
277.640
304.702
219.996
166.382
211.822

VORCN.DAT: STOCK DE VORAZ (Estrecho de Gibraltar): Capturas en Número

1	2
1990	2003
3	8
1	

29.844	97.499	103.594	182.049	69.993	14.147
20.735	73.275	65.879	137.100	103.966	32.810
31.631	126.273	94.852	147.699	166.409	66.935
43.060	162.176	108.289	179.622	200.652	80.133
34.638	151.562	165.047	234.210	212.438	76.208
196.899	194.465	133.899	124.610	113.392	41.467
222.327	288.166	133.900	146.580	142.981	53.966
336.571	264.661	179.715	137.963	133.656	48.140
251.871	333.662	119.690	70.753	46.184	12.219
28.095	115.318	137.789	47.718	29.778	11.573
5.176	50.304	240.358	48.116	25.327	10.473
11.021	44.413	134.898	39.670	26.165	10.690
10.068	37.645	53.275	51.709	21.557	10.817
17.801	66.084	29.220	66.706	34.689	14.119

VORCW.DAT: STOCK DE VORAZ (Estrecho de Gibraltar): Peso medio de la captura por edad

1	3
1990	2003
3	8
1	

0.442	0.526	0.640	1.027	1.311	1.813
0.443	0.527	0.636	1.042	1.349	1.772
0.443	0.530	0.633	1.053	1.378	1.755
0.444	0.529	0.633	1.053	1.376	1.755
0.442	0.532	0.637	1.046	1.365	1.763
0.442	0.531	0.634	1.048	1.370	1.762
0.443	0.529	0.633	1.049	1.372	1.759
0.440	0.534	0.633	1.057	1.376	1.778
0.442	0.533	0.634	1.060	1.359	1.731
0.449	0.536	0.644	1.031	1.350	1.739
0.446	0.550	0.653	1.016	1.370	1.795
0.455	0.540	0.645	1.023	1.367	1.788
0.456	0.532	0.642	1.010	1.343	1.834
0.456	0.524	0.633	1.046	1.342	1.790

VORSW.DAT: STOCK DE VORAZ (Estrecho de Gibraltar): Peso medio del stock por edad

1	4
1990	2003
3	8
1	

0.442	0.526	0.640	1.027	1.311	1.813
0.443	0.527	0.636	1.042	1.349	1.772
0.443	0.530	0.633	1.053	1.378	1.755
0.444	0.529	0.633	1.053	1.376	1.755
0.442	0.532	0.637	1.046	1.365	1.763
0.442	0.531	0.634	1.048	1.370	1.762
0.443	0.529	0.633	1.049	1.372	1.759
0.440	0.534	0.633	1.057	1.376	1.778
0.442	0.533	0.634	1.060	1.359	1.731
0.449	0.536	0.644	1.031	1.350	1.739
0.446	0.550	0.653	1.016	1.370	1.795
0.455	0.540	0.645	1.023	1.367	1.788
0.456	0.532	0.642	1.010	1.343	1.834
0.456	0.524	0.633	1.046	1.342	1.790

VORNM.DAT: STOCK DE VORAZ (Estrecho de Gibraltar): Mortalidad Natural (M)

1	5
1990	2003
3	8
3	

0.2

VORMO.DAT: STOCK DE VORAZ (Estrecho de Gibraltar): Ojiva de maduración

1	6
1990	2003
3	8
2	

0	0	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---

VORPF.DAT: STOCK DE VORAZ (Estrecho de Gibraltar): Proporción F antes de la puesta

1	7
1990	2003
3	8
3	

0

VORPM.DAT: STOCK DE VORAZ (Estrecho de Gibraltar): Proporción M antes de la puesta

1	8
1990	2003
3	8
3	

0

VORFO.DAT: STOCK DE VORAZ (Estrecho de Gibraltar): Mort. pesquera última edad de cada año (F_{VIII,1990-2003})

1	9
1990	2003
3	8
5	

0.37
0.31
0.42
0.58
0.80
0.53
0.80
1.32
0.76
0.55
0.46
0.40
0.33
0.36

VORFN.DAT: STOCK DE VORAZ (Estrecho de Gibraltar): Mort. pesquera por edad último año (F_{III-VIII,2003})

1	10
1990	2003
3	8
2	

0.04	0.18	0.32	0.34	0.38	0.16
------	------	------	------	------	------

Anexo III: Matriz de residuos resultado del Análisis de Población Virtual Separable con el paquete informático del laboratorio de Lowestoft (*Virtual Population Analysis*: versión 3.1)

Análisis Separable considerando la edad 8 como verdadera (8)

Separable analysis from 1990 to 2003

on ages 3 to 8 with Terminal F of 0.3 on age 5 and Terminal S of 0.6

Initial sum of squared residuals was 55.847

Final sum of squared residuals is 3.910
after 73 iterations

MATRIX OF RESIDUALS

AGES/YEARS	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95
3/ 4	0.355	0.157	0.228	0.317	-0.402
4/ 5	0.095	0.011	0.073	0.014	-0.305
5/ 6	-0.282	-0.213	-0.266	-0.355	-0.079
6/ 7	-0.019	-0.025	-0.146	-0.102	0.259
7/ 8	-0.011	0.249	0.362	0.460	0.715
TOT	0.003	0.001	0.001	0.000	0.000
WTS	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

AGES/YEARS	1995/96	1996/97	1997/98	1998/99	1999/00
3/ 4	0.395	0.301	0.068	0.604	-0.047
4/ 5	0.042	-0.047	-0.395	0.124	-0.166
5/ 6	-0.066	-0.063	-0.026	0.059	0.064
6/ 7	-0.287	-0.235	0.031	-0.410	0.038
7/ 8	0.102	0.276	0.647	-0.304	0.174
TOT	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
WTS	0.001	0.001	0.001	0.001	1.000

AGES/YEARS	2000/01	2001/02	2002/03	TOT	WTS
3/ 4	-0.208	0.154	0.099	0.000	0.604
4/ 5	-0.021	0.119	0.068	0.000	0.985
5/ 6	0.212	-0.068	-0.206	0.000	1.000
6/ 7	-0.019	-0.088	0.070	0.000	0.934
7/ 8	-0.090	-0.111	0.025	0.000	0.533
TOT	0.000	0.001	0.000	1.905	
WTS	1.000	1.000	1.000		

FISHING MORTALITIES (F)

YEAR	1990	1991	1992	1993	1994
F-values	0.093	0.089	0.157	0.246	0.386

YEAR	1995	1996	1997	1998	1999
F-values	0.418	0.611	0.883	0.656	0.347

YEAR	2000	2001	2002	2003
F-values	0.357	0.272	0.211	0.300

SELECTION AT AGE (S)

AGE	3	4	5	6	7	8
S-values	0.143	0.731	1.000	0.775	0.640	0.600

Análisis Separable considerando la edad 8 como grupo plus (8+)

Separable analysis from 1990 to 2003

on ages 3 to 7 with Terminal F of 0.3 on age 5 and Terminal S of 0.6

Initial sum of squared residuals was 54.478

Final sum of squared residuals is 2.185

after 58 iterations

MATRIX OF RESIDUALS

AGES/YEARS	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95
3/ 4	0.347	0.193	0.253	0.349	-0.263
4/ 5	0.093	0.055	0.112	0.069	-0.141
5/ 6	-0.288	-0.174	-0.230	-0.301	0.093
6/ 7	-0.033	0.007	-0.119	-0.059	0.422
TOT	0.056	0.037	0.025	0.011	-0.001
WTS	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

AGES/YEARS	1995/96	1996/97	1997/98	1998/99	1999/00
3/ 4	0.365	0.296	0.169	1	-0.007
4/ 5	0.027	-0.024	-0.265	0.025	-0.119
5/ 6	-0.080	-0.031	0	-0.04	0.114
6/ 7	-0.303	-0.208	0.182	-0.503	0.086
TOT	0.005	-0.002	-0.006	0.001	-0.004
WTS	0.001	0.001	0.001	0.001	1.000

AGES/YEARS	2000/01	2001/02	2002/03	TOT	WTS
3/ 4	-0.21	0.121	0.098	0.004	0.491
4/ 5	-0.024	0.083	0.065	0.005	1.000
5/ 6	0.209	-0.107	-0.211	0.005	0.658
6/ 7	-0.02	-0.127	0.066	0.005	0.487
TOT	0.002	0.009	0.005	0.647	
WTS	1.000	1.000	1.000		

FISHING MORTALITIES (F)

YEAR	1990	1991	1992	1993	1994
F-values	0.068	0.065	0.119	0.192	0.309

YEAR	1995	1996	1997	1998	1999
F-values	0.387	0.549	0.783	0.656	0.319

YEAR	2000	2001	2002	2003
F-values	0.348	0.271	0.207	0.300

SELECTION AT AGE (S)

AGE	3	4	5	6	7
S-values	0.149	0.748	1.000	0.752	0.600

Voraz navideño

Ingredientes: Un voraz de al menos un kilito (que tenga un lomo bien ancho), una cebolla grande, tres dientes de ajo, un limón aceite de oliva, un chorrico de vinagre, un vasito de orujo pero con vino blanco, tres rebanadas de pan seco, tres cucharadas de perejil picado, una cucharada de pimentón, una guindilla, sal y pimienta.

Elaboración: Preparar el voraz: destripar y descamar; lavar bajo el grifo y secar suavemente. Abrirlo por la mitad y quitarle la espina central. Rociarlo con limón, sal y pimienta y dejar escurrir.

Picar la cebolla y laminar los ajos; cortar la guindilla en aros finos y poner todo a rehogar en una sartén con aceite, hasta que esté bien blando el sofrito (media horita mínimo a fuego moderado). Retirar del fuego y añadir el pimentón.

Rellenar el voraz con el preparado anterior y ponerlo en una besuguera untada en aceite. Desmigar el pan y mezclar con abundante perejil picado. Rociar el voraz con un poco aceite y cubrir con la mezcla de pan rallado.

Introducir en el horno caliente y asarlo durante 15-20 minutitos, aproximadamente. Templar el vino blanco con el vinagre y rociar el pescado cinco minutitos antes de terminar de asarlo. Pasado este tiempo, retirarlo del horno y servir en la misma fuente.

Voraz de navidad al cava

Ingredientes: Un voraz de más o menos un kilito (limpio y preparado para cocinar), ¼ kilo de setas, un puerro mediano, una papa grande, un diente de ajo, cuatro cucharadas de aceite de oliva, 25 gramos de mantequilla, un limón, ½ litro de cava, perejil picado, sal y pimienta.

Elaboración: Pelar y picar el puerro en juliana fina (la parte blanca y la verde). En una sartén con aceite y una pizca de sal rehogar el puerro hasta que quede transparente, removiendo con una cuchara de madera, para que no tome color. Añadir el cava y dejar reducir a fuego suave destapado durante diez minutos. Pelar la papa y lavarla; cortar en láminas muy finas y reservar en un cuenco con agua.

Limpiar los champiñones, retirando el tallo arenoso y pasando por agua rápidamente para eliminar bien la arena. Secar con un paño y laminar. Saltear en una sartén con la mantequilla y el ajo picado hasta que suelten toda el agua. Sazonar con sal y pimienta antes de retirar del fuego.

Salpimentar el voraz, previamente lavado y secado con un paño; y hacer tres cortes transversales e introducir una rodaja de limón en cada una de ellas. Cubrir una besuguera con el puerro rehogado y escurrido (utilizar una espumadera y guardar el caldo de cava). Colocar encima las láminas de patata y después el voraz. Rociar con el resto del limón y colocar los champiñones alrededor. Introducir en el horno precalentado a 200 °C y regar con el caldo de cava poco a poco hasta que el pescado esté hecho. Puede tardar unos 25 minutitos, aproximadamente.

Voraz al horno

Ingredientes: Un voraz de más de un kilo, cuatro papas, una cebolleta, un pimiento verde, media docena de dientes de ajo, aceite de oliva, perejil picado, guindilla y sal.

Elaboración: Cortar 4 de los ajos en láminas, la cebolleta y el pimiento en juliana fina y las patatas en rodajas de medio centímetro. Sazonar todo y poner a pochar en una sartén grande con aceite. Cuando estén casi hechas, pásalas a una placa de horno, e introduce en el horno a 200° C, durante 15 minutos.

Limpia bien el voraz. No es conveniente mojarlo, porque pierde muchas propiedades: Lo mejor es pasarle una servilleta en seco, por dentro y por fuera. Después de limpiar el voraz de vísceras y escamas, retira la cabeza y la cola, reservándolas, y saca los filetes retirando la espina central. Sazonar.

Vierte un poco de aceite en una placa de horno y coloca los filetes de voraz con la piel hacia arriba. Colocar también la cabeza y la cola. Riega con un poco más de aceite e introducirlo en el horno a 200° C durante 10 minutos. Sírvelo en una fuente con la piel hacia abajo.

Pica los otros dos dientes de ajo en láminas. Dóralos en una sartén con aceite. Añade el jugo que ha soltado el voraz y la guindilla troceada. Espolvorea con perejil picado, mezcla bien y vierte sobre el voraz.

Voraz a la sal

Ingredientes: Un voraz de kilo y medio aproximadamente y...¡cómo no! sal (3 kilos de sal gruesa, aproximadamente).

Para la salsa tártara: Mayonesa (2 huevos, 1 vaso de aceite, 1 cucharada de vinagre y sal), 1 pepinillo en vinagre, un puñado de alcaparras en vinagre, un huevo cocido y perejil picado.

Elaboración: Limpiar bien el voraz por dentro y quítale las escamas. Humedecer la sal con un poco de agua para que se haga más compacta. Preparar en una placa de horno una cama de sal y coloca el voraz encima. Cubrir totalmente con más sal y hornea durante 20 minutos a 180-190° C.

A continuación, saca la preparación del horno, rompe la costra de sal dándole unos golpes y retírala. Preparar la mayonesa y mezclar todos los ingredientes, bien picaditos, de la salsa tártara con la mayonesa.

Voraz a la espalda

Ingredientes: Un voraz de voraz de kilo y medio, aceite de oliva, tres dientes de ajo, un poco de guindilla, un vasito de vino, vinagre y....como siempre, sal.

Elaboración: Lavar y secar el pescado, sazonar con sal y untar con aceite. Untar el fondo de una bandeja de horno con aceite. Depositar en ella el voraz. Meter a horno caliente, a intensidad fuerte, durante 15 ó 20 minutos. Comprobar antes de sacar el punto de asado, para tener más o menos tiempo.

Una vez asado, se abre en dos mitades, se le quita la espina dorsal y todas las que tenga, y podamos. Se le rocían las carnes con unos chorretones prudentes de vinagre y luego con un refrito hecho con aceite, ajito en láminas y la guindilla. Además, el jugo que ha quedado en la bandeja del horno se reduce en una sartén a fuego vivo, a la vez que se mueve para que éste ligue. Regamos y seguimos asando el pescado otros 25-30 minutos, pudiéndose agregar un vasito de vino durante la cocción.

Puede acompañarse con papas asadas con su piel, servidas en una fuente aparte cubiertas con un paño.

Voraz (par)a la madrileña

Ingredientes: Un voraz de un par de kilos si fuera posible, medio kilo de papas, una cebolla gorda, un limón, perejil, una copita de manzanilla sanluqueña, aceite de oliva virgen, sal y pimienta.

Elaboración: Es una de las recetas más fáciles. Pero...veamos. Se pela la cebolla y se corta en tiras. En una sartén con una cucharada de aceite la ponemos a sofreír. Las papas se pelan y cortan del grosor de una moneda, la moneda la decidimos nosotros. Si no tenemos se la pedimos al vecino y nos la quedamos para futuras papas. Lavamos las papas, no las monedas, y las añadimos a la cebolla. Quince minutitos. Lo ponemos en una cazuela de barro aceitada.

Al voraz, ya descamado, se le hacen unas incisiones, o cortes, en las que se ponen las rodajitas de limón. Lo salpimentamos y se pone sobre las papas, por cierto ya salpimentadas. Sólo nos queda un toque de horno, a 250 grados, durante algo más de media hora. Si nos gusta más hecho...pues hasta una hora, pero si queda seco, las culpas al maestro armero.

El vino lo hemos de echar un cuarto de hora antes de apagar el horno. Antiguamente, se hacia todo a la vez en el horno...pero aquí hemos disminuido los tiempos de cocción de las papas.

Truco: Sin poner el limón...un toque de guindilla.

Voraz relleno de frutos secos

Ingredientes:

Un voraz de tamaño...tamaño. Jamón, una docena almendras, un puñadito de piñones, seis cucharadas de aceite, dos cucharadas de pan rallado, dos papas, una pastilla de caldo, dos huevos, un limón, un chorrito de vino blanco, una ramita de perejil y....que nunca falte, sal.

Elaboración: Cocer un huevo, batir el otro como para una tortilla y reservarlos. Trinchar el jamón en trozos pequeños, el huevo duro, las almendras y el perejil. Mezclar todo esto con una cucharada de pan rallado, el huevo batido y los piñones.

Abrimos el voraz por la mitad y retiramos la espina central. Rellenamos el voraz con la mezcla, cosemos la tripa y sazonamos.

Disolver la pastilla de caldo en $\frac{1}{4}$ de litro de agua caliente. Después de pelar las papas, cortarlas en discos un poco gruesos y ponerlas en una fuente para horno. Colocar encima el voraz y rociarlo con un chorrito de aceite, otro de vino, el caldo y el jugo del limón. Horneamos durante 30 o 45 minutos a 200° C.

Una vez asado recuperamos el jugo de la placa del asado y lo pasamos por el colador junto con los restos que hayan quedado del asado en la placa. Reducir esta salsa, aligerando con un poco de caldo de pescado si hiciese falta, y ligarla con un poco de maicena.

Voraces rellenos de berros

Ingredientes: Cuatro voraces medianos, un poco de mantequilla, $\frac{1}{2}$ vaso de vino blanco, un limón.

Para el relleno: 50 gramos de miga de pan, otro poco de mantequilla, una cucharada de perejil, un huevo, una cebolla, un manojo de berros, una cucharada de tomillo, una cucharada de salvia, el zumo de $\frac{1}{2}$ limón y sal.

Para el adorno: Rodajas de limón y ramitas de berros.

Elaboración: Limpiar bien el pescado, eliminando escamas y vísceras. Lavarlo, secarlo con un trapo de cocina y salarlo. Picar la cebolla y los berros. Freír la cebolla en la mantequilla y, una vez dorada, mezclarla con el pan, el perejil, los berros, las hierbas y el zumo de limón. Incorporar el huevo batido, sazonarlo y removerlo bien.

Rellenar los voraces con esta mezcla, ponerlos en una fuente, regarlos con el vino, esparcir pequeñas nueces de mantequilla por encima y hornearlos de 20 a 25 minutitos. Servirlos calientes, adornados con las ramitas de berro y las rodajas de limón.

Voraz especial

Ingredientes: Un borricón o cuatro voraces medianos, cuatro zanahorias, cuatro tallos de apio, tres papas grandes, una cebolla, un pimiento verde, cuatro dientes de ajo picados, un vasito de tomate triturado, media cucharada de pimienta de Cayena, un limón, unas ramitas de perejil, pimienta negra, aceite y sal.

Elaboración: Cortar las zanahorias, las patatas y el pimiento en rodajas de 1 cm. Cortar el apio en trozos de 2 cm y la cebolla en gajos. Calentar aceite en una cazuela, agregar las verduras y sazonar. Tapar y cocer a fuego lento 30 minutos y retirarlas del aceite con una espumadera.

Poner el pescado en una fuente y colocar también las verduras. En el mismo aceite, freír el ajo y luego añadir el tomate triturado. Echar sal y la pimienta de Cayena. Cocer 3 minutitos, sin dejar de remover. Echar un vaso de agua y dejar hervir. Volcarlo todo sobre el pescado.

Cocer al horno a 200° C durante unos 30 minutos. Puede adornarse con limón y perejil.

Voraz en escabeche

Ingredientes: Un voraz, limón, laurel, ajo, zanahoria, aceite de oliva y sal.

Elaboración: Cortar el voraz en rodajas, sazonar. Cortar la zanahoria y el limón en rodajas finas. Colocar en una cazuela de barro una capa de zanahoria y limón. Poner encima el pescado. Tapar con el resto de zanahoria, limón y las hojas de laurel. Agregar los ajos enteros. Cubrirlo todo con aceite de oliva crudo. Meter al horno hasta que el pescado esté cocido.

Otra posibilidad es cocer los avíos previamente. Ponemos en una olla: Vino, vinagre, las rodajas finas de zanahoria (y también cebolla, si queremos), el laurel (y también clavo y romero, si nos apetece) sal y pimienta. Cocemos todo más o menos un cuarto de hora. Echamos el caldo y los avíos sobre las rodajas del pescado cubriendo todo con las ruedas de limón. Metemos la cazuela en el horno unos veinte minutitos (aunque la dejamos hasta que el horno enfríe). Dejar la cazuela en un lugar fresco un par de días.

Dejar enfriar. Se puede guardar varios días perfectamente.

Voraz almendrado

Ingredientes: Otro voraz, un limón, almendras tostadas, un ramito de perejil, dos cebollas medianas, aceite de oliva, una cucharada de harina y...como otras veces, sal.

Elaboración: Limpiar el voraz dejándolo entero. Hacerle unos cortes transversales, en los que se pone media rajita de limón y unos trocitos de almendra. Sazonar y poner en una besuguera. Regar con un chorro de aceite, perejil picado y unas ruedas de cebolla. Poner a fuego suave y mover la cazuela al vaivén.

Una vez hecho, separarlo y a un lado de la besuguera, echar la harina, pero sin que toque el pescado. Cuando haya tomado color, incorporar un vasito de agua tibia, mezclar y formar una salsa. Cocer sin prisa.

Estofado de voraz

Ingredientes: Voraces pequeños en raciones, tres pimientos verdes, dos tomates maduros, tres dientes de ajo, una hoja de laurel, ½ cebolla mediana, un calabacín pequeño, una rama de tomillo, ½ vaso de vino blanco y una papa mediana cortada en rodajas finas.

Elaboración: Cortar en juliana los pimientos, la cebolla, los tomates y el calabacín. Pelar y cortar la papa, en rodajas finas. Chafar los ajos.

En una cazuela con aceite caliente echar los ajos y esperar un poco que se pasen. Agregar la cebolla y dejar freír un poco hasta que se dore. Añadir el tomate, el pimiento y los calabacines. Agregar los cachos de pescado y dejar un momento al fuego.

Ponerlo todo en el horno unos 5 minutitos. Añadir el vinito y dejarlo 5 minutitos más.

Voraz a la puerca.

Ingredientes: Uno de los de siempre, aceite de oliva, vinagre, ajos y sal.

Elaboración: Poner una besuguera con agua suficiente al fuego. Añadir el voraz cuando empiece a hervir el agua. Darle vueltas y cuando esté cocido apartarlo en una fuente. Dejar reducir el caldo, al que se añadirá una cucharada de vinagre y los ajitos fritos aparte. Regamos el voraz con ese caldillo.

Fritura de voraz (y si no lo hay de japuta)

Ingredientes: Voraces pequeños (y si ya no nos quedan...a las peores una japuta. ¡Eso lo serás tú!), aceite de oliva, harina, limón y...por supuesto sal.

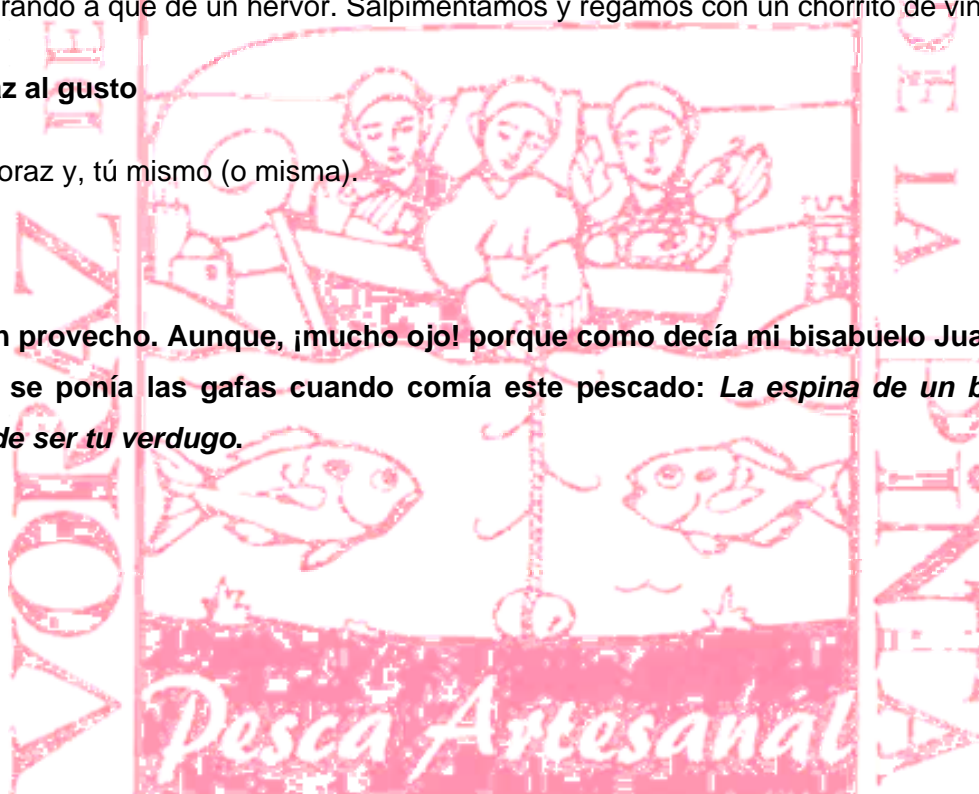
Elaboración: Se fríen las rodajas del pescado, previamente sazonadas y enharinadas, hasta dorarlas. Se aparta el aceite. Puede servirse caliente o...frío, con una salsa hecha con el aceite de la fritura y jugo de limón, en idénticas proporciones.

Si nos sobra, tenemos la posibilidad de hacer una *sobreasa*, de mucha utilidad en Cádiz con pescados fritos del día anterior. En una cazuela se sofríen tres dientes de ajo y una hoja de laurel. Cuando los ajos han cogido colorcillo añadimos una cucharada de harina, removiendo hasta su disolución. Después echamos un vaso de agua y cuando empieza a hervir metemos los trozos de pescado. Si queremos también podemos añadir unas papas troceadas y fritas. Lo dejamos todo un ratito a su amor, esperando a que de un hervor. Salpimentamos y regamos con un chorrito de vino.

Voraz al gusto

Un voraz y, tú mismo (o misma).

Buen provecho. Aunque, ¡mucho ojo! porque como decía mi bisabuelo Juan, que sólo se ponía las gafas cuando comía este pescado: *La espina de un besugo puede ser tu verdugo.*





Instituto Español de Oceanografía (IEO)

